



1978 **ЗЕМЛЯ**
И
ВСЕЛЕННАЯ

АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА
ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

На орбите «Салют-6»

29 сентября 1977 года в Советском Союзе произведен запуск орбитальной научной станции **«Салют-6»**. Станция выведена на околоземную орбиту с параметрами: максимальное расстояние от поверхности Земли (в апогее) — 275 км; минимальное расстояние от поверхности Земли (в перигее) — 219 км; период обращения — 89,1 минуты; наклонение орбиты — 51,6°. Цель запуска — проведение научно-технических исследований и экспериментов, отработка конструкции бортовых систем и аппаратуры орбитальных станций. Управление полетом и обработка поступающей информации осуществляются подмосковным Центром управления с помощью станций слежения, расположенных на территории Советского Союза, и научно-исследовательских судов Академии наук СССР **«Космонавт Юрий Гагарин»**, **«Академик Сергей Королев»**, **«Боровичи»**, находящихся в акватории Атлантического океана.

В соответствии с программой исследования космического пространства 9 октября 1977 года в 5 часов 40 минут московского времени в Советском Союзе осуществлен запуск космического корабля **«Союз-25»**, пилотируемого экипажем в составе командира корабля подполковника Коваленка Владимира Васильевича и бортинженера Рюмина Валерия Викторовича.

В. В. Коваленок родился в 1942 году в деревне Белое Крупского района Минской области. Окончил Балашовское высшее военное авиационное училище летчиков, служил в военно-транспортной авиации. В отряд космонавтов Владимир Васильевич был зачислен в 1967 году, а в 1976 году без отрыва от работы в Центре подготовки космонавтов окончил Военно-воздушную академию имени Ю. А. Гагарина.

В. В. Рюмин родился в 1939 году в Комсомольске-на-Амуре. По окончании Московского лесотехнического института стал сотрудником конструкторского бюро, участвовал в разра-

ботке и испытаниях новых образцов космической техники. В отряд космонавтов Валерий Викторович был зачислен в 1973 году.

И для командира, и для бортинженера — это первый космический полет.

Программа полета корабля **«Союз-25»** предусматривала проведение совместных экспериментов с научной станцией **«Салют-6»**. Во второй рабочий день полета космонавты проверили бортовые системы корабля **«Союз-25»** и провели запланированные работы. В 7 часов 09 минут было начато автоматическое сближение корабля со станцией и затем с расстояния 120 м проводилось причаливание. Но из-за отклонений от предусмотренного режима причаливания стыковку пришлось отменить, и экипаж стал готовиться к возвращению на Землю.

11 октября 1977 года спускаемый аппарат с космонавтами совершил мягкую посадку на территории Советского Союза в 185 км северо-западнее Целинограда.

За осуществление орбитального полета на космическом корабле **«Союз-25»** и проявленное при этом мужество Президиум Верховного Совета СССР наградил В. В. Коваленка и В. В. Рюмина орденами Ленина и присвоил им звание **«Летчик-космонавт СССР»**.

Орбитальная научная станция **«Салют-6»** продолжала полет. 29 ноября 1977 года к 15 часам московского времени станция совершила 968-й оборот вокруг Земли. После проведенной 28 ноября коррекции траектории движения параметры орбиты станции **«Салют-6»** составляли: максимальное удаление от поверхности Земли (в апогее) — 360 км; минимальное удаление от поверхности Земли (в перигее) — 345 км, период обращения — 91,4 минуты, наклонение — 51,6°.

(Продолжение на 3-й стр. обложки)

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР
Основан в 1965 году
Выходит 6 раз в год
Издательство «Наука»
Москва

1 ЯНВАРЬ ФЕВРАЛЬ 1978

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

В номере:

Высокая оценка экспериментального рейса «Арктики»	2
Л. И. Матвеев — Сверхдальняя радиointерферометрия	4
И. Д. Новиков — Релятивистская астрофизика — новая ветвь науки о небе	12
Б. В. Комберг — Радиогалактика Дева А	16
П. Р. Амнуэль — Вспышки невидимых звезд	21
Д. Л. Зайцев — Система спутникового телевизионного вещания «Экран»	27
Ю. В. Минеев — Солнечные космические лучи идут к Солнцу	32
Г. И. Марчук, Г. П. Курбаткин — Численный прогноз погоды	37
Г. Н. Петрова — Характерные особенности магнитного поля Земли	44
А. А. Аксенов — Международное сотрудничество в изучении морей	48
ЛЮДИ НАУКИ	
Я. А. Смородинский — Майкельсон — великий оптик (к 125-летию со дня рождения)	52
Памяти Бориса Васильевича Кукаркина	59
СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ	
М. А. Римша — Совещание по космической физике	61
ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ	
Б. П. Владимиров — Байконур	64
ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ	
В. Л. Ченакал — Когда появились на Руси солнечные часы	72
СТИХИ О ВСЕЛЕННОЙ	
Николай Александрович Морозов	76
ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ	
В. В. Мартыненко — Крымскому обществу любителей астрономии 30 лет	78
ЛЕГЕНДЫ О ЗВЕЗДНОМ НЕБЕ	
И. И. Неяченко — Пегас	84
КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ	
С. Б. Абрамов — Марки о советских исследованиях Красной пла- неты	86
ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ	
В. Д. Перов — Полеты советских автоматических станций	89
КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ	
Г. С. Нариманов — Космос далекий и близкий	95
НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ	
Лазерный метод прогнозирования грозы! [11]; «Пионер-11» готов к встрече с Сатурном [36]; Прогноз землетрясений по уровню подземных вод [47]; 54-й рейс «Гломара Челленджера» [51]; «Вертикаль-6»: сквозь атмосферу [63]; Световые вспышки от пульсара [75]; Новые книги [87]; Эволюция скоплений и двойные звезды [88]; Новая оценка возраста Метагалактики [88].	

Высокая оценка экспериментального рейса «Арктики»

17 августа 1977 года в 4 часа по московскому времени советский атомоход «Арктика» достиг Северного полюса. Это событие — итог многолетних трудов советских ученых, моряков, полярников, кораблестроителей.

Сорок лет назад воздушная экспедиция, возглавляемая О. Ю. Шмидтом, совершила посадку на Северном полюсе. Это было начало новой эпохи исследований суровой и неприступной Арктики. На Северном полюсе начала свой путь первая советская дрейфующая станция «Северный полюс-1» — знаменитая папанинская четверка. С тех пор на Северном полюсе регулярно приземлялись самолеты экспедиций «Север», а в 1962 году всплывала атомная подводная лодка «Ленинский комсомол». Неоднократно здесь дрейфовали научные станции «Северный полюс».

Рейс атомохода «Арктика» — осуществление давней мечты русских полярников. Недаром на Северном полюсе рядом с флагом нашей Родины было поставлено древко знамени, которое мечтал установить там русский полярный исследователь Георгий Седов, героически погибший на пути к полюсу.

Рейс атомохода «Арктика» показал всему миру, что советские люди способны создать технические средства для достижения Северного полюса в свободном плавании.

Родина высоко оценила подвиг полярников. Генеральный секретарь ЦК КПСС, Председатель Президиума Верховного Совета СССР Л. И. Брежнев в своем приветствии участникам экспедиции к Северному полюсу

сказал: «Ваш рейс в честь 60-летия Великой Октябрьской социалистической революции осуществлен на самом мощном в мире ледоколе, построенном руками славных ленинградских судостроителей и энергетиков и вобравшем в себя последние научно-технические достижения советских ученых и специалистов.

Коллективный труд ученых и специалистов различных профессий в таком сложном и, прямо скажем, довольно опасном деле, как рейс к суровому Северному полюсу, еще раз подтвердил высокие моральные и политические качества советских моряков и полярников.

За выдающиеся заслуги в подготовке и осуществлении экспериментального рейса атомного ледокола «Арктика» в район Северного полюса и проявленные при этом мужество и героизм Президиум Верховного Совета СССР Указом от 14 сентября 1977 года присвоил звание Героя Социалистического Труда с вручением ордена Ленина и золотой медали «Серп и Молот»: старшему мастеру атомной паропроизводительной установки атомного ледокола «Арктика» Ф. Ф. Асхадуллину, руководителю экспериментального рейса, министру морского флота СССР Т. Б. Гуженко, капитану атомного ледокола «Арктика» Ю. С. Кучиеву, главному инженеру-механику атомного ледокола «Арктика» О. Г. Пашину, члену-корреспонденту Академии наук СССР Н. С. Хлопину.

За заслуги в подготовке и осуществлении рейса «Арктики» и проявленные при этом отвагу и мужество Президиум Верховного Совета СССР Указом от 14 сентября 1977 года на-

градил орденами и медалями СССР участников рейса и большую группу специалистов, обеспечивших проводку ледокола.

Орденом Ленина награждены: члены экипажа атомного ледокола «Арктика» — инженер А. Г. Гамбургер, капитан-дублер В. А. Голохвастов и старший электромеханик И. А. Домашин, главный инженер администрации Северного морского пути при Министерстве морского флота СССР Ю. А. Аршеневский, главный инженер Мурманского пароходства по атомным установкам Л. Г. Данилов, старший механик теплохода «Лепсе» А. М. Закалинский, руководитель сектора Арктического и Антарктического научно-исследовательского института И. П. Романов, бригадир слесарей Мурманского судоремонтного завода В. И. Середа, первый заместитель министра морского флота СССР В. И. Тихонов, начальник администрации Северного морского пути при Министерстве морского флота СССР К. Н. Чубаков.

Орденом Октябрьской Революции награждены: члены экипажа атомного ледокола «Арктика» — начальник службы А. А. Адрианов, старший инженер-электромеханик О. Г. Габелок, старший мастер-электрик В. Б. Кондратьев, первый помощник капитана В. Г. Лазарев, старший помощник капитана А. А. Ламехов, старший инженер-механик Ю. С. Пилявец и главный инженер-механик А. П. Шубин, начальник Мурманского пароходства В. А. Игнатюк, начальник Ленинградского управления гражданской авиации В. А. Колосов, линейный капитан ледовой проводки штаба морских операций Мурманского пароходства



В. А. Куроптев, заместитель министра морского флота СССР С. А. Лукьянченко, заместитель начальника администрации Северного морского пути при Министерстве морского флота СССР Б. С. Майнагашев, начальник

■ Атомный ледокол «Арктика» в походе

(Фотохроника ТАСС)

каравана судов Мурманского пароходства М. И. Чухманенко.

Орденом Трудового Красного Знамени награждено 24 человека, орденом «Знак Почета» — 100, орденом Трудовой Славы III степени — 15, медалью «За трудовую доблесть» — 100 и медалью «За трудовое отличие» — 90 человек.

За большой вклад в обеспечение

арктических перевозок народнохозяйственных грузов и осуществление успешного экспериментального рейса в район Северного полюса атомный ледокол «Арктика» Мурманского морского пароходства награжден орденом Октябрьской Революции.



Кандидат физико-математических наук
Л. И. МАТВЕЕНКО

Сверхдальняя радиоинтерферометрия

КАК ПОЛУЧИТЬ ДЕТАЛЬНУЮ РАДИОФОТОГРАФИЮ?

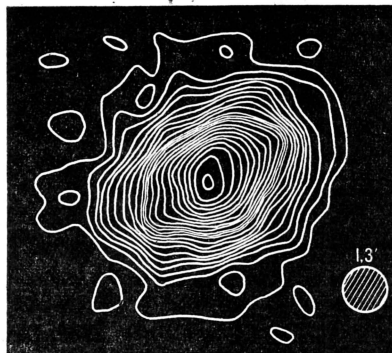
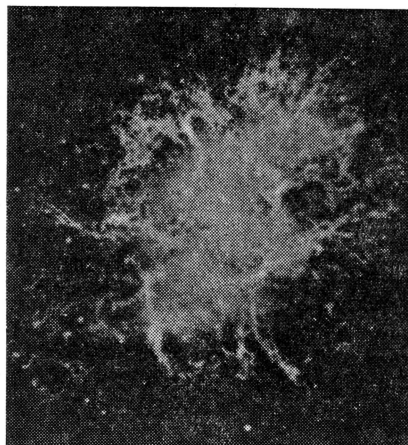
Не случайно говорят, что лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать. Применима эта поговорка и к астрономическим объектам, информацию о которых нам дает лишь их собственное излучение.

Лучшие наблюдатели древности могли увидеть только серпик Венеры. Это, пожалуй, все, на что способен человеческий глаз. Новую эру в астрономии открыл Галилей, построив первый телескоп. И сразу же были обнаружены четыре спутника Юпитера.

От размера объектива зависит одна важная характеристика оптического телескопа — его разрешающая способность. Она определяется отношением длины волны принимаемого излучения к диаметру телескопа. Размеры естественного оптического инструмента — зрачка глаза — невелики, поэтому мал и его разрешение. Оно чуть выше $1'$. История астрономии отражает постоянное стремление ученых к созданию все более и более крупных инструментов. Сейчас на Северном Кавказе установлен телескоп с 6-метровым зеркалом («Земля и Вселенная», № 6, 1977, с. 48—54.— Ред.). Такое большое зеркало позволяет уловить излучение далеких слабых объектов.

Казалось бы, чем больше зеркало телескопа, тем выше его угловое разрешение и тем более детальную фотографию небесного объекта может получить астроном. Однако угловое разрешение крупных телескопов ограничено не размером зеркала, а турбулентностью в атмосфере Зем-

ли. На разных континентах Земли расположены антенны глобального радиоинтерферометра, на котором исследуется структура сверхкомпактных радиоисточников. В этих работах активно участвуют советские радиоастрономы.



ли. Турбулентность приводит к дрожанию и размытию изображения на фотопластинке. В результате даже в местах с хорошим астроклиматом удается сделать фотографию с разрешением не более $0,3''$ («Земля и Вселенная», № 5, 1974, с. 47—54.— Ред.).

Чтобы лучше познать природу космических объектов, астрономы стремятся получить их фотографии в разных цветах, в разных участках электромагнитного спектра. После второй мировой войны началось бурное освоение диапазона радиоволн. Этот диапазон охватывает широкий спектр частот и несет богатую информацию, например, о холодных несветящихся объектах или источниках, скрытых от нас облаками пыли. Для радиоволн межзвездная пыль не препятствие, и мы можем легко «увидеть» источники в радиолучах. Однако радиоволны в миллионы раз длиннее оптических, и чтобы получить радиофотографию хотя бы с таким разрешением, как разрешение невооруженного глаза, нужны инструменты гигантских размеров. Радиотелескопы, работаю-

Фотография Крабовидной туманности, полученная с угловым разрешением около $1''$ (намного лучше, чем разрешение невооруженного глаза)

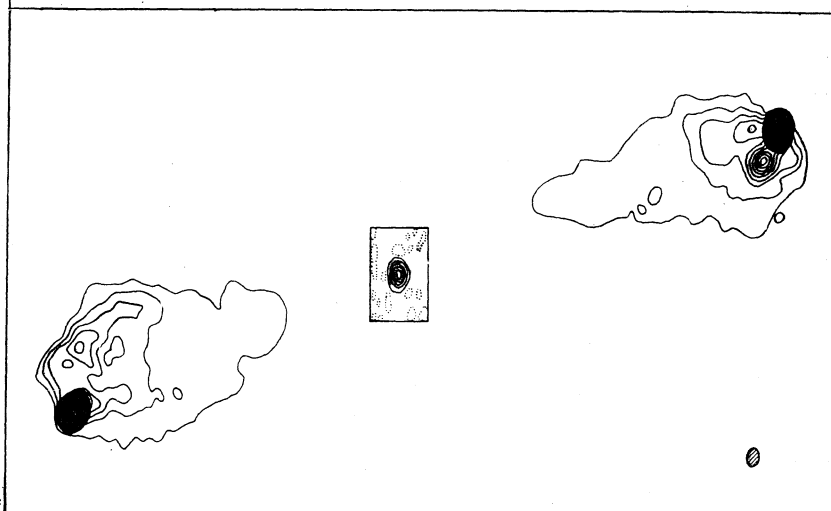
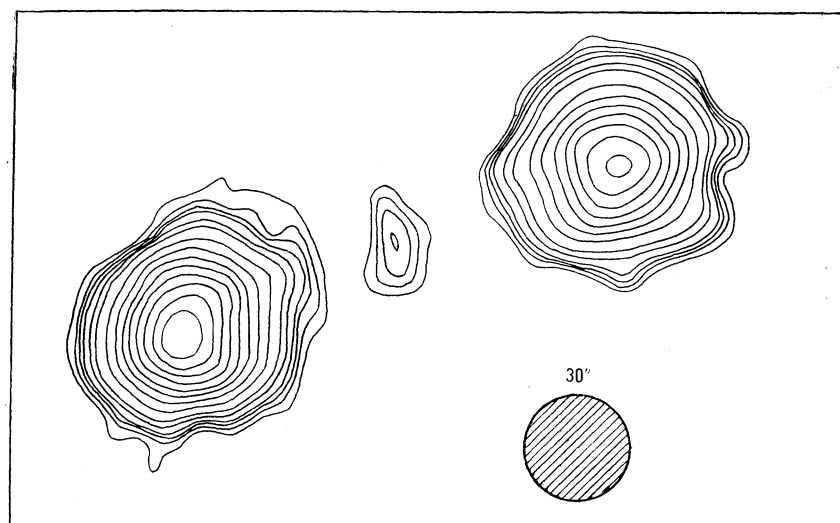
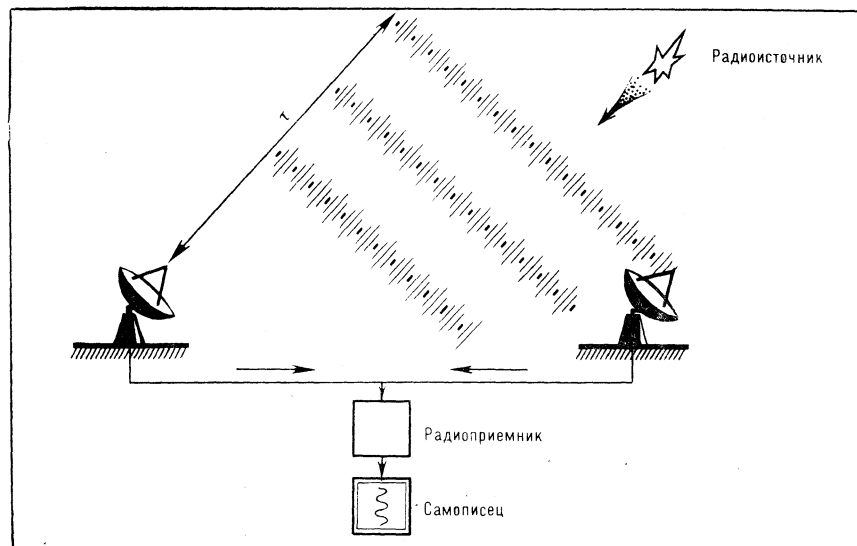
Радиофотография Крабовидной туманности на волне $1,28$ см. Чтобы в радиодиапазоне построить изображение туманности с угловым разрешением ($1,3'$) примерно таким, как разрешение невооруженного глаза, потребовался инструмент с зеркалом диаметром 37 м

щие даже на самых коротких миллиметровых волнах, должны иметь зеркала диаметром более десяти, а на сантиметровых волнах — более ста метров. И если для миллиметрового диапазона радиотелескопы еще можно построить, то для сантиметрового это сделать очень трудно. Один из таких инструментов — радиотелескоп РАТАН-600 — создан в нашей стране («Земля и Вселенная», № 6, 1977, с. 40—47.— Ред.). Его угловое разрешение на сантиметровых волнах составляет несколько десятков секунд.

Схема радиоинтерферометра. Сигналы, принятые антеннами, поступают в приемник, где они суммируются, усиливаются, детектируются и регистрируются на самописце. Из-за того, что антенны удалены друг от друга на большое расстояние, появляется относительное запаздывание τ во времени приема сигналов

Распределение яркости в радиогалактике Лебедь А, полученное на 100-метровом радиотелескопе с разрешением около $30''$. В радиогалактике выделяются центральный источник и два ярких компонента

Распределение яркости в радиогалактике Лебедь А. Наблюдения проводились на интерферометре с большой базой и угловым разрешением около $2''$. На этом рисунке прослеживается в деталях структура ярких компонентов радиогалактики. Наблюдения на интерферометрах с еще большими базами позволили выявить и структуру центрального, очень компактного радиоисточника, совпадающего с ядром радиогалактики





Однако такого же углового разрешения можно добиться и на небольших антеннах, используя **радиоинтерференционный метод наблюдений** («Земля и Вселенная», № 1, 1971, с. 36—41, — Ред.). Сигналы от источника принимаются двумя разнесенными антеннами интерферометра. Затем сигналы передаются по высокочастотному кабелю на приемник, где они складываются, усиливаются, детектируются и регистрируются самописцем. Поскольку антенны находятся на большом расстоянии друг от друга, возникает относительное запаздывание принимаемых сигналов, которое создает разность фаз между ними. Запаздывание меняется по мере движения источника на небесной сфере, и сигналы суммируются то в фазе, то в противофазе — складываются и вычитаются. В результате самописец регистрирует интерферограмму в виде синусоиды — интерференционных лепестков. Чем дальше разнесены антенны, тем быстрее меняется фаза и тем выше угловое разрешение интерферометра. Таким образом, угловое разрешение определяется не размерами антенн, а расстоянием между ними — длиной базы.

Но база (а следовательно, и разрешение) не может быть сколь угодно большой. Высокочастотный кабель, связывающий антенны с приемной аппаратурой, вносит потери, поэтому сигналы приходится предварительно усиливать, а на более высоких частотах даже преобразовывать (понижать частоту) для уменьшения потерь. Эти меры позволяют увеличить базу лишь до нескольких километров и достичь углового разрешения, близкого к оп-

тическому. Удлинять базы интерферометра до десятков километров можно с помощью ретрансляторов, и тогда удастся получить радиоизображения, на которых видны даже более мелкие детали, чем на фотографиях.

При создании инструментов с большими базами возникли серьезные трудности. Одна из них — передача сигналов без внесения дополнительных ошибок (передача без искажения фазы сигнала или потери когерентности) и другая — необходимость компенсации относительного запаздывания сигналов.

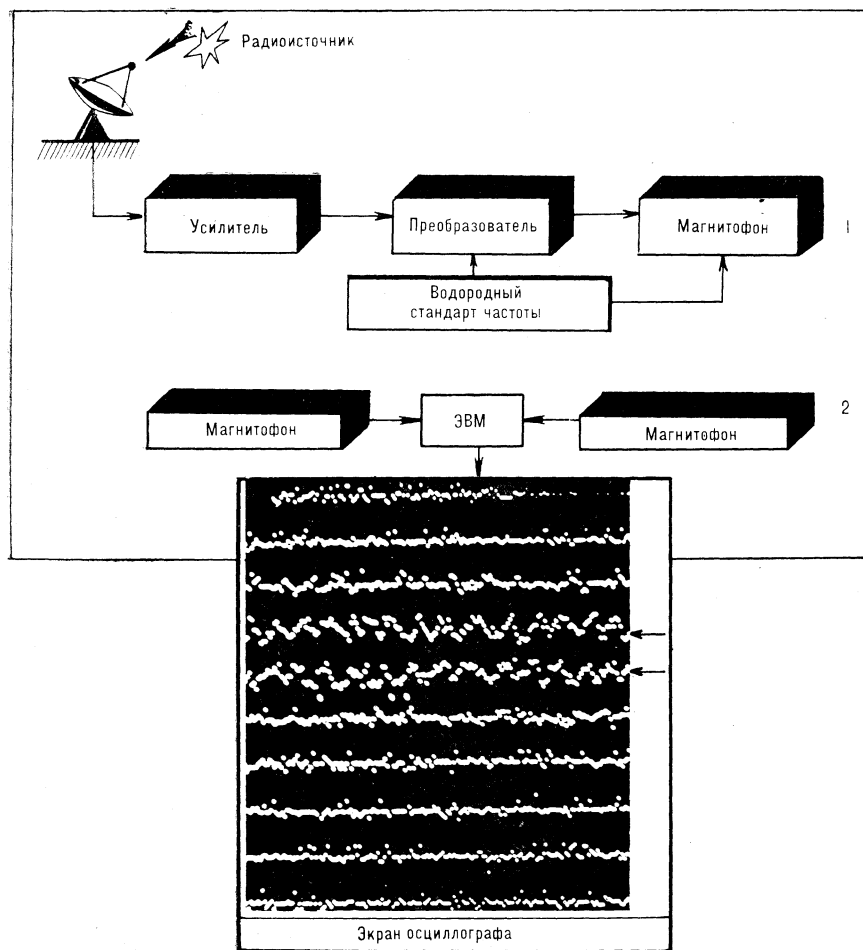
Необходимость компенсации связана с тем, что радиоинтерферометр принимает сигнал в широкой полосе Δf , то есть на волнах близких, но разной длины. На каждой волне получается своя интерферограмма. Они складываются, и при большом сдвиге фазы интерференция исчезает. Чтобы сохранить интерференционную картину, нужно компенсировать запаздывание сигналов с точностью до долей $1/\Delta f$. Это соответствует долям микросекунды. Общее же запаздывание сигналов может составлять сотни микросекунд. Компенсация таких больших запаздываний (да еще с высокой точностью!) технически крайне затруднительна и далеко не всегда может быть выполнена.

А нельзя ли было ограничиться уже достигнутыми результатами? Спектры и переменность излучения квазаров свидетельствуют о том, что их угловые размеры должны быть меньше $0,001''$. Эти объекты находятся от нас на огромных расстояниях. Потребовались сотни миллионов и даже мил-

лиарды лет, чтобы их излучение достигло наблюдателя. В этом излучении заключена информация о далеком прошлом: о зарождении и формировании основных объектов Вселенной — галактик и их ядер. Как и у квазаров, малы угловые размеры наших соседей по Галактике — пульсаров (нейтронных звезд) и мазерных радиоисточников, связанных с областями звездообразования. Все эти столь различные по своей природе объекты недоступны для измерений даже на лучших оптических инструментах. Только на радиоинтерферометрах с базой в тысячи километров можно исследовать их структуру.

ГЛОБАЛЬНЫЙ РАДИОТЕЛЕСКОП

Советские радиоастрономы предложили **метод сверхдальней радиоинтерферометрии**, в котором каждый телескоп работает самостоятельно. Сигналы синхронно принимаются двумя антеннами, преобразуются и регистрируются на широкополосном магнитофоне. Магнитные ленты затем перевозятся в вычислительный центр. Записанные на них сигналы считываются и обрабатываются таким же образом, как и в обычном интерферометре. При считывании сигналов вводится компенсирующая задержка. Синхронизация записей на приемных пунктах, контроль неравномерности хода лентопротяжных механизмов и преобразование сигналов осуществляются с помощью высокостабильных атомных стандартов частоты. Стабильность атомных стандартов водородного типа настолько высока, что они обеспечивают на волнах до 1 см преобразова-



ние сигналов без потери когерентности в течение нескольких сот секунд и точность хода часов до нескольких микросекунд в год. Так, на радиоинтерферометре Симеиз (СССР) — Хайстек (США) время когерентного преобразования сигналов на волне 1,35 см превышает 600 секунд.

В настоящее время в ряде стран разработаны системы сверхдальней радиоинтерферометрии. Наибольшее распространение получила цифровая система Национальной радиоастрономической обсерватории США. В ней регистрируется только знак сигнала: плюс, когда он положительный, и минус, когда отрицательный. Считывание сигналов на магнитную ленту производится на обоих радиотелескопах синхронно в строго определенные моменты времени, которые задаются стандартом частоты. В вычислительном центре последовательности импульсов (знаков) считываются с обеих магнитных лент и сравниваются. Поскольку точное запаздывание сигналов не всегда известно, их сравнение проводится с различными сдвигами — задержками. В тех каналах, где задержка точно компенсирует время запаздывания сигнала, будут видны интерференционные ле-

грамма — показана на экране осциллографа

Схема радиоинтерферометра с независимой регистрацией сигналов. Сигнал, принятый антенной, усиливается, преобразуется и записывается на магнитную пленку (1). Затем магнитные пленки с обоих пунктов наблюдения поступают в вычислительный центр и обрабатываются (2). Результат обработки — интерферо-

На экране осциллографа — интерфериограмма радиоисточника 3C 273, полученные на радиоинтерферометре Симеиз (СССР) — Голдстоун (США). Из сорока восьми каналов, в кото-

рых проводилась обработка результатов наблюдений, интерференционные лепестки видны только в двух (отмечены стрелками). В этих каналах задержка, которая вводится при обработке наблюдений, точно компенсирует время запаздывания сигнала. В соседних каналах время задержки отличается на 0,25 микросекунды

пестки. Если же задержки оказываются больше или меньше времени запаздывания, лепестки отсутствуют. Отличие задержки между соседними каналами составляет 0,25 микросекунды.

Метод сверхдальней радиоинтерферометрии сейчас используется не только для изучения структуры радиоисточников, но и для определения координат радиоисточников, для решения задач геодезии, сверки часов и частот генераторов («Земля и Вселенная», № 6, 1976, с. 4—11.—Ред.). Сверхдальняя радиоинтерферометрия позволила довести эти измерения до небывалого совершенства. Например, непосредственно из наблюдений радиоисточников расстояния в тысячи километров определяются с точностью до 1 м, а дрейф земных континентов — с точностью до нескольких сантиметров. Сверка часов, находящихся на разных континентах, может быть выполнена с точностью в несколько наносекунд. Передвижение американских астронавтов по лунной поверхности контролировалось на радиоинтерферометре Флорида (США) — Мадрид (Испания) — остров Вознесения с точностью до нескольких сантиметров, и «заблудиться» они не могли. Так, исследования структуры радиоисточников оказались весьма полезными при решении народнохозяйственных задач.

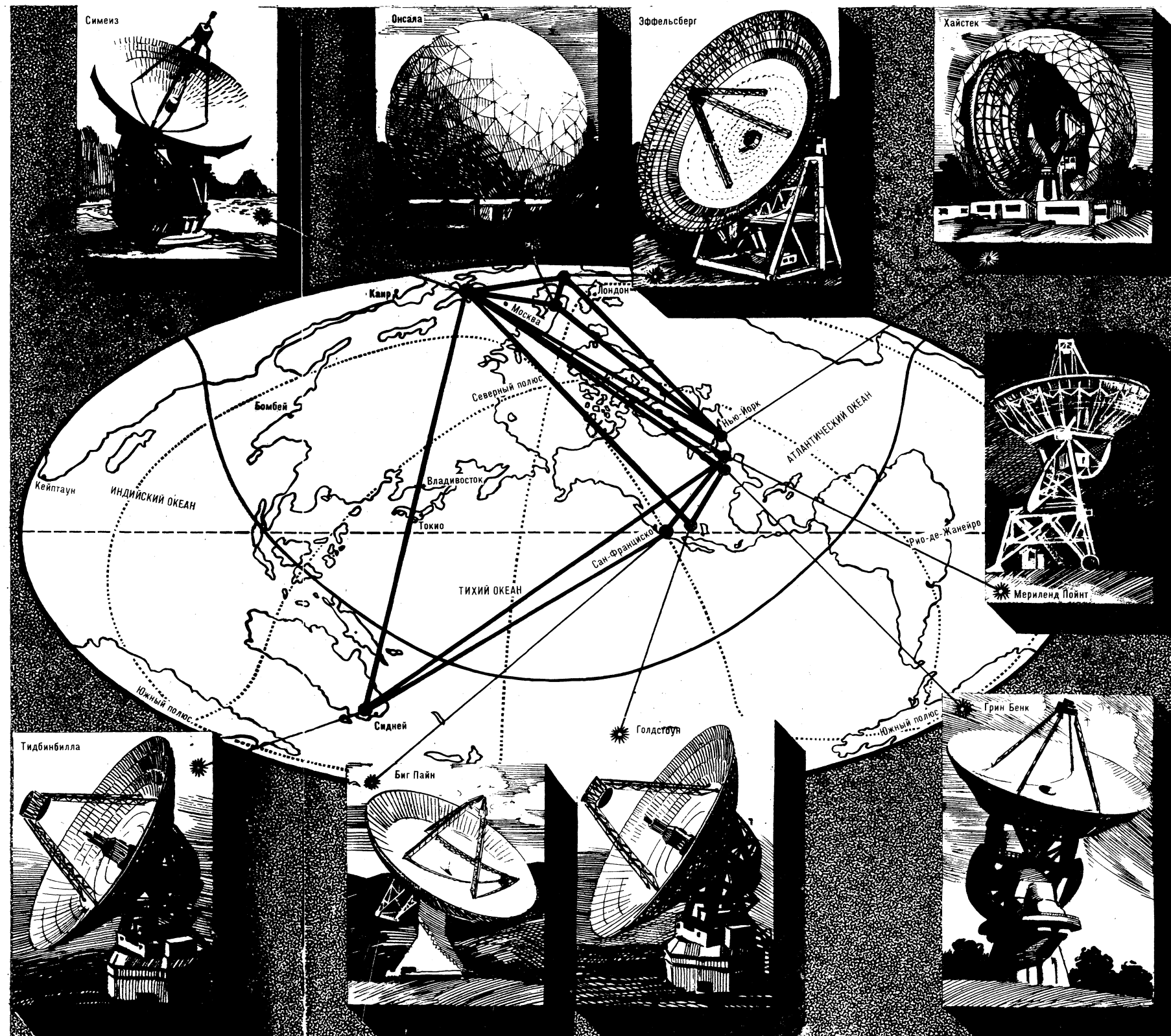
В течение последних лет радиоастрономы осуществили большое число экспериментов как на континентальных, так и межконтинентальных радиоинтерферометрах. В 1969—1977 годах успешно прошли наблюдения на интерферометрах, вклю-

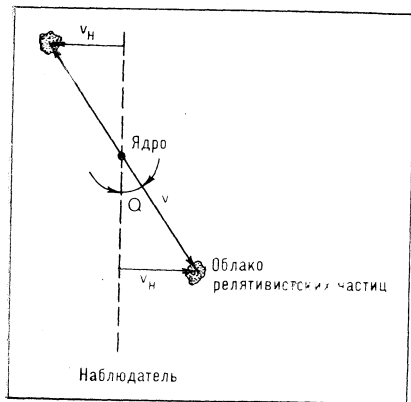
чающих радиотелескопы в Биг Пайне, Голдстоуне, Грин-Бенке, Мериленд Пойнте и Хайстеке (США), Онсала (Швеция), Симеизе (СССР), Тидбинбилле (Австралия) и Эффельсберге (ФРГ). Эти инструменты образуют единый глобальный радиотелескоп.

УДИВИТЕЛЬНЫЕ ОТКРЫТИЯ

Наблюдения на интерферометрах со сверхдлинными базами проводятся в широком диапазоне радиоволн — от дециметровых до самых коротких сантиметровых. В дециметровом и более длинноволновом диапазоне существенно влияние рассеяния на неоднородностях межзвездной среды (облаках ионизированной материи), которое увеличивает видимые угловые размеры радиоисточников. На метровых радиоволнах их видимый угловой размер достигает десятых долей секунды дуги. Таким образом, как и в оптике, рассеяние ограничивает угловое разрешение радиоинтерферометра. Поэтому не имеет смысла делать базу интерферометра, работающего в длинноволновом диапазоне, более нескольких тысяч километров. На сантиметровых волнах влияние межзвездной среды ничтожно, и здесь угловое разрешение интерферометра ограничено

Расположение антенн глобального радиоинтерферометра. База интерферометра Мериленд Пойнт (США) — Тидбинбилла (Австралия) равна 12 090 км, Симеиз (СССР) — Тидбинбилла (Австралия) — 11 570 км, Биг Пайн (США) — Тидбинбилла (Австралия) — 10 579 км





лишь размерами нашей планеты. На глобальном радиотелескопе уже достигнуто **предельное в условиях Земли угловое разрешение**. Оно превышает $0,0001''$, то есть в 1000 раз больше, чем в оптическом диапазоне.

Метод сверхдальней радиоинтерферометрии помог выявить сложную структуру квазаров и радиогалактик, выяснить природу радиоизлучения их компактных составляющих. Оказалось, что из ядер галактик и квазаров выбрасываются облака релятивистских частиц. У некоторых квазаров и радиогалактик — таких, как 3С 345 и 3С 120, — видимая скорость разлета компонентов превышает световую. Это кажущееся противоречие может быть объяснено следующим образом.

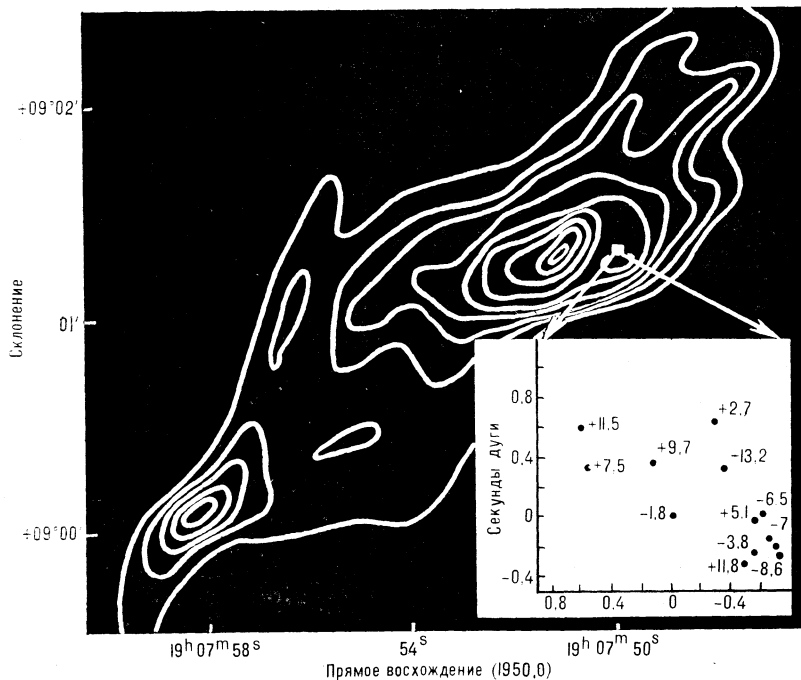
Пусть из ядра квазара под некоторым углом Q к наблюдателю выброшены в противоположных направлениях со скоростью v , близкой к скорости света c , два облака релятивистских частиц (см. рисунок). Тогда наблюдаемая в картинной плоскости скорость движения облака с учетом изменения масштабов времени будет равна:

$$v_H = \frac{v \sin Q}{1 - \beta \cos Q}, \quad \text{где } \beta = \frac{v}{c}.$$

Максимальное значение скорости разлета облаков равно:

$$v_{\max} = \frac{c}{\sqrt{1 - \beta^2}}.$$

Схема, поясняющая «сверхсветовой» разлет облаков релятивистских частиц из ядра квазара



При $v \approx 0,98c$ видимая скорость разлета облаков составит примерно 5с. Однако это объяснение не исключает другую трудность. Облака релятивистских частиц имеют громадную массу, и чтобы придать им околосветовую скорость, нужна невообразимо большая энергия.

Сложной оказалась и структура мазерных источников. Мазерные источники, излучающие яркие радиолнии водяного пара на волне 1,35 см, обнаружены, в частности, в объекте W 49. Источники располагаются в области, размеры которой около $1''$. Они движутся с разными скоростями. Один из источников, скорость которого равна $-1,8$ км/с, не

удалось разрешить даже на глобальном радиотелескопе, его размеры меньше $0,0002''$. Размеры остальных не превышают $0,001''$. Яркость, угло-

Радиокарта западного компонента объекта W49, скрытого от нас пылевыми облаками. Радиокарта получена в Национальной радиоастрономической обсерватории (США) на обычном радиоинтерферометре с базой переменной длины. Квадратом отмечена область мазерных источников, излучающих пары воды. Тонкая структура этой области исследовалась методом сверхдальней радиоинтерферометрии. Точки соответствуют положению мазерных источников, размеры которых меньше $0,001''$. Указаны скорости движения источников (километры в секунду)

и размеры и скорость движения источников меняются, поэтому необходимы систематические наблюдения для изучения динамики и природы этих интереснейших областей.

Чтобы получить детальную радиоизображение объекта, нужно исследовать его на радиоинтерферометрах с базами разной длины и ориентации. Это связано с тем, что интерферометр, в отличие от обычного инструмента, измеряет лишь одну из пространственных частот распределения яркости объекта, подобно тому как камертон улавливает из всего многообразия звуков лишь тот тон, на который он настроен. Чем длиннее база интерферометра, тем более высокую пространственную частоту он принимает. Наблюдая источник на интерферометрах, база которых имеет

разную длину и ориентацию, определяют все пространственные частоты, а по ним строят распределение радиояркости — фотографию. Чем длиннее база, тем мельче детали можно измерить. Таким образом, радиоинтерференционный метод требует длительных наблюдений для синтеза изображения объекта.

Исследования тонкой структуры радиоисточников только начинаются, и еще многое предстоит сделать. Наиболее совершенным инструментом для такой работы может быть радиоинтерферометр, один из элементов которого движется по орбите вокруг Земли. Этот элемент образовал бы сразу со всеми наземными антеннами множество интерферометров. По мере движения его по ор-

бите, длины баз и их ориентация изменяются, благодаря чему за очень короткий срок можно измерить практически все пространственные частоты в распределении радиояркости источника. Это особенно важно при наблюдении быстропеременных процессов, протекающих в активных ядрах квазаров и радиогалактик, при изучении вспышек в мазерных источниках, в исследованиях пульсаров. Такой интерферометр может иметь практически любое угловое разрешение. Но это — будущее интерференционной техники, а пока радиоастрономы объединили свои радиотелескопы, расположенные в разных странах и на разных континентах, в единый глобальный инструмент, который помогает им познавать тайны Вселенной.



ЛАЗЕРНЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГРОЗЫ?

Сотрудники Центральной аэрологической обсерватории Гидрометеорологической службы СССР В. М. Захаров, А. И. Герман, А. П. Тихонов

и А. Е. Тяботов в результате двухлетнего лазерного зондирования облаков (1975—1976) выявили интересную особенность их структуры. Если на кучево-дождевые облака действует импульсный световой поток, то рассеянный поток в обратном направлении иногда регистрируется в виде двух сигналов. Двойные импульсные сигналы начинают поступать в приемник только от облаков, находящихся в предгрозовом и грозовом состоянии. Расстояние между импульсами возрастает и достигает нескольких десятков метров, когда облака в наибольшей степени созрели для грозовых процессов.

Раздвоение сигнала объясняется тем, что предоблачный слой, оптические свойства которого отличаются

от оптических свойств грозового облака, как бы отодвигается от последнего. В промежутке между ними коэффициент рассеяния близок к коэффициенту рассеяния безоблачной атмосферы. Толщина этого промежутка зависит от грозового состояния облака. Если в облаке происходят грозовые процессы, толщина промежутка может достигать 45—80 м. Для обычных облаков такого промежутка не наблюдается, и отраженный сигнал поступает в приемник в виде одного импульса.

«Доклады АН СССР», 236, 3, 1977.





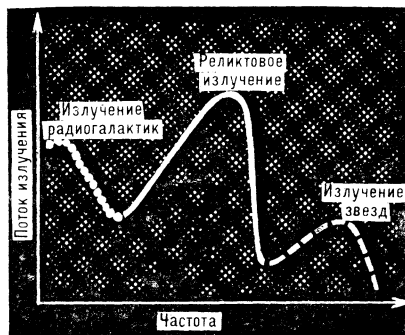
Релятивистская астрофизика — новая ветвь науки о небе

ПРЕДМЕТ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ АСТРОФИЗИКИ

Под релятивистской астрофизикой обычно понимают ветвь астрофизики, изучающую явления, в которых существенную роль играют эффекты общей теории относительности — релятивистской теории тяготения. Две проблемы составляют содержание этой области знаний — проблема Вселенной в целом (космология) и проблема чрезвычайно компактных объектов (сжавшихся звезд, звездных систем, газовых облаков, ядер галактик), у которых поля тяготения возрастают настолько, что разгоняют падающие в них тела до релятивистских скоростей (скоростей, близких к световой).

В космологии необходимость выхода за рамки ньютоновской теории тяготения была осознана еще до разработки А. Эйнштейном общей теории относительности в связи с рассмотрением так называемого гравитационного парадокса. Суть этого парадокса состояла в том, что ньютоновская теория не позволяла однозначно определить поле тяготения вещества, неограниченно простирающегося до бесконечности. После создания общей теории относительности появились предпосылки для развития современной космологии. В 1922—1924 годах А. А. Фридманом были построены релятивистские нестационарные космологические модели, основанные на общей теории относительности. Они предсказывали нестационарность Вселенной (впоследствии подтвержденную открытием расширения Вселенной) и не содержали гравитационного парадокса. Замеча-

Релятивистская астрофизика... Это словосочетание возникло около 15 лет назад. В становление и развитие этой области науки выдающийся вклад внесли советские ученые.



тельные работы А. А. Фридмана давно стали классическими.

В последние годы построенная теоретиками механическая картина движений и сил во Вселенной наполнилась новым конкретным физическим содержанием. Обнаружено электромагнитное излучение, соответствующее температуре 2,7 К. Существование этого реликтового излучения служит доказательством «горячей модели» Вселенной («Земля и Вселенная», № 3, 1969, с. 5—

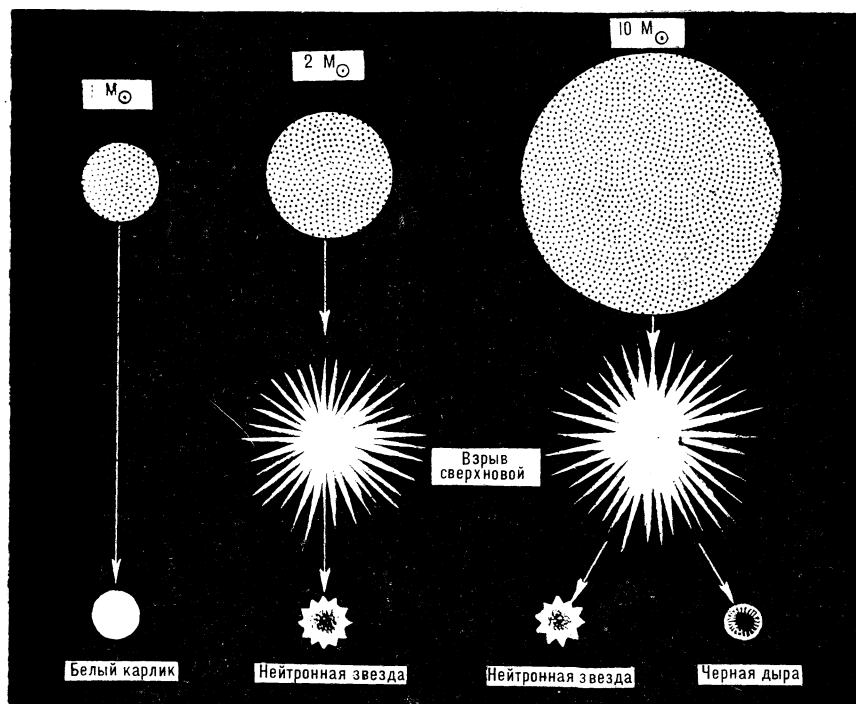


Спектр электромагнитного излучения во Вселенной. Он был получен в результате многочисленных наземных наблюдений и экспериментов на ракетах и спутниках

11.— Ред.). Были проведены подробные расчеты превращений элементарных частиц и ядерных реакций на ранней стадии космологического расширения. Более обоснованными и подробными стали гипотезы рождения скоплений галактик, звезд и квазаров из горячей плазмы в ходе ее расширения («Земля и Вселенная», № 6, 1974, с. 18—22.— Ред.).

В противоположность космологии, астрофизика (в узком смысле этого слова — как наука об отдельных небесных телах, их системах и газе между ними) до недавнего времени была нерелятивистской. Для создания моделей обычных звезд с массой, не превышающей 100 солнечных (в том состоянии, в котором мы наблюдаем эти звезды), не требуется теории относительности. Ньютоновская теория тяготения вместе с термодинамикой и учением о свойствах плазмы и с ядерной физикой полностью и точно описывают светимость, размеры и спектры звезд. Теория строения звезд хорошо согласуется с наблюдениями. По мере расходования ядерного горючего звезда эволюционирует. Эволюция приводит к состояниям звезды, в которых необходимо учитывать возможность ядерных взрывов, тепловую и гидродинамическую неустойчивость, а также специфические эффекты теории относительности. Эволюция компактных звездных систем, компактных газовых облаков также ведет к их сжатию и необходимости учета релятивистских эффектов.

Так постепенно стало очевидно, что вся астрофизика требует создания релятивистской астрофизики как одной из своих ветвей.



РЕВОЛЮЦИЯ В АСТРОНОМИИ

Астрономия переживает в настоящее время период быстрого развития. Промежуток с 1960 по 1977 год вместил в себя открытие квазаров, пульсаров, рентгеновских источников, реликтового излучения, взрывов галактических ядер и, вероятно, первой черной дыры. В теоретической астрофизике важные гипотезы и открытия появляются еще чаще.

Успехи наблюдательной астрономии в значительной мере связаны с новыми методами исследований — радиоастрономией, инфракрасной, рентгеновской и гамма-астрономией. Многие эксперименты стали возможны только благодаря установке приборов на ракетах и спутниках.

Часть упомянутых открытий была предсказана заранее, и это показывает правильность физических теорий, применимость физических законов, установленных в лабораторных экспериментах, к астрономическим объектам.

Последовательное развитие астрофизических теорий, основанных на достижениях современной физики,

иногда приводило к странным и на первый взгляд парадоксальным выводам о кардинальных моментах эволюции отдельных небесных тел и окружающей нас Вселенной. Таким было, например, предсказание нейтронных звезд (в 30-х годах) или предсказание возможности «горячего» состояния материи в начале расширения Вселенной (в 40-х годах). Отождествление пульсаров с нейтронными звездами (1968) и объяснение реликтового излучения теорией горячей Вселенной (1965), наконец, интерпретация одного из рентгеновских источников черной дырой (1972) — прекрасные примеры плодотворности теоретической астрофизики.

Выводы и предсказания теоретической физики должны рассматриваться с полной серьезностью в астрономии — таков обобщающий итог всего развития астрономии и физики за последние десятилетия.

Возможные пути эволюции звезд различной массы в компактные объекты — белые карлики, нейтронные звезды и черные дыры

Однако не должны ли мы именно в астрофизике ожидать возникновения новых фундаментальных физических теорий и связанного с ним краха существующих взглядов?

Разумеется, в необычных условиях (например, сверхбольших плотностей и температур), еще не исследованных земной физикой, могут проявляться новые, пока не известные законы природы. Однако современная астрофизика оперирует главным образом условиями, где применимость надежно установленных законов природы не вызывает сомнений. Астрофизика встречается лишь с необычной комбинацией этих условий. Еще раз подчеркнем, что, когда астрономия сталкивается с условиями, выходящими за рамки применимости современной физики (например, при плотностях, в начале космологического расширения намного превышающих плотность атомного ядра), можно ожидать проявления действия еще не известных законов природы.

УСПЕХИ СОВЕТСКИХ НАУЧНЫХ ШКОЛ

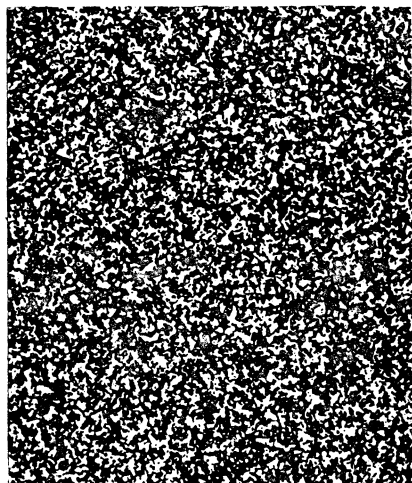
За последние годы советские ученые внесли большой вклад в развитие всех разделов релятивистской астрофизики. Так, в космологии значительные успехи были достигнуты научными школами, возглавляемыми академиком Я. Б. Зельдовичем, членом-корреспондентом АН СССР Е. М. Лифшицем, членом-корреспондентом АН СССР И. М. Халатниковым, старшим научным сотрудником А. Л. Зельмановым.

Как уже отмечалось, последние годы характеризуются тем, что в рам-

ках надежно установленной теории расширяющейся Вселенной Фридмана разрабатываются конкретные проблемы протекания физических процессов. Создана теория физических процессов, которые идут в ходе расширения горячей Вселенной, — ядерных процессов в первые секунды расширения, приведших к возникновению легких химических элементов, процессов взаимодействия вещества и излучения в более поздний период. Эти последние процессы привели к тому, что расширяющееся вещество в конце концов становится из ионизованного нейтральным. В таком веществе создаются условия для роста больших неоднородностей, из которых образуются галактики.

Выдающимся достижением является созданная Е. М. Лифшицем еще в 40-х годах теория роста малых отклонений от идеальной модели Вселенной Фридмана. В этой теории исследуется, как меняются с течением времени небольшие сгустки материи при однородном в среднем распределении, как меняется скорость движения вещества. Теория Е. М. Лифшица успешно развивалась в трудах многих советских ученых.

■
Схематическое изображение основных этапов образования галактик согласно теории Я. Б. Зельдовича. Вначале существовала расширяющаяся, почти однородная плазма горячей Вселенной. Затем, в ходе роста неоднородностей, в ней возникали плоские двумерные газовые образования — «блины». Они распадалась на скопления, группы и отдельные галактики

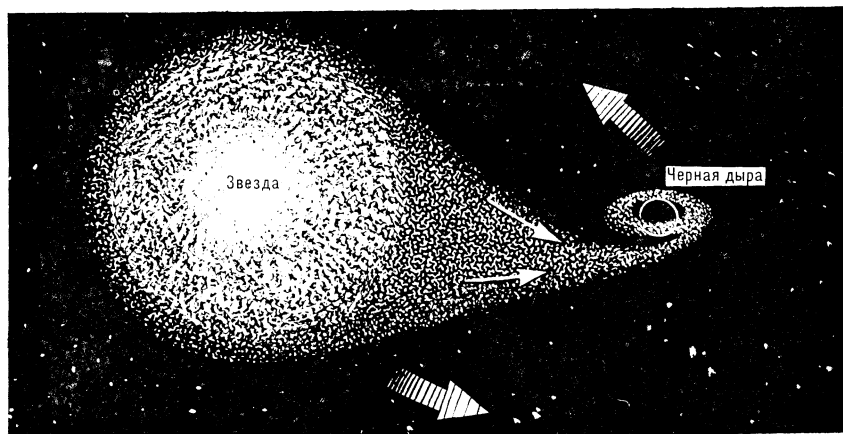


Цель этих работ — выяснить картину образования структуры во Вселенной: образования скоплений галактик, галактик, отдельных небесных тел. Работа еще далека от завершения. Сейчас решающее слово, по-видимому, будет принадлежать наблюдателям, которые, пользуясь указаниями теории, предпринимают поиски молодых галактик, находящихся в стадии зарождения. Богатую информацию о молодых галактиках могут дать инструменты, установленные на космических аппаратах.

Другое важнейшее направление космологических исследований — проблема начала расширения Вселенной (проблема сингулярного состояния сверхплотного вещества и сверхсильных гравитационных полей). Как выяснилось за последние годы, в сингулярном состоянии определяющими должны быть сложные квантовые процессы в гравитационном поле. основополагающие работы в этом направлении также выполнены советскими учеными. Решение проблемы сингулярности представляет собой одну из главнейших задач естествознания XX века.

Наконец, не менее важные открытия были сделаны и в релятивистской теории отдельных небесных тел. Здесь необходимо отметить работы научных школ академика В. А. Амбарцумяна, академика В. Л. Гинзбурга, академика Я. Б. Зельдовича, члена-корреспондента АН СССР И. С. Шкловского и многих других.

В. А. Амбарцумян последовательно подчеркивает важность исследования активности ядер галактик, активности квазаров. Мы пока не знаем достоверно, что происходит в этих объек-



тах. Накоплен большой наблюдательный материал, строятся разные модели явлений. Гипотез много. Одна из них предполагает существование в центре ядер галактик сверхмассивных черных дыр — масс, сжавшихся настолько сильно, что они задерживают своим тяготением даже свет, не давая ему уйти к далекому наблюдателю. Подчеркнем, что окончательного объяснения природы ядер галактик и квазаров пока нет.

Невозможно в короткой статье перечислить все достижения советских ученых в изучении пульсаров, рентгеновских источников и многих других объектов. Остановимся только на успехах в исследовании черных дыр.

В 60-х годах советские ученые установили, что при катастрофическом сжатии звезд и превращении их в

черные дыры во внешнем пространстве исчезают (излучаются) все отклонения гравитационного поля от строго сферического. Исключение составляет лишь вихревое гравитационное поле, связанное с вращением сжимающейся звезды. Исчезают также магнитное поле и, вообще, все виды физических полей, кроме поля электрического заряда, если таковой был у звезды. Так была установлена структура внешнего поля черной дыры.

В середине 60-х годов советские ученые предложили способы поиска черных дыр во Вселенной на основе процессов, которые разыгрываются в окрестности черных дыр. Наиболее перспективным оказался поиск черных дыр в составе двойных звездных систем. В этом случае газ

от нормальной звезды, входящей в такую систему, течет к черной дыре, закручивается вокруг нее, разогревается до температуры 10 млн. градусов и дает рентгеновское излучение. По-видимому, первая черная дыра в двойной системе уже открыта американским искусственным спутником «Ухуру» («Земля и Вселенная», № 2, 1973, с. 7—10.— Ред.). Советскими астрофизиками построены детальные теории процессов в таких системах, позволяющие решать принципиальные вопросы. С помощью космических аппаратов сотрудники Института космических исследований АН СССР, Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга и другие провели, в частности, важные наблюдения рентгеновских источников.

Мы кратко остановились только на части важнейших достижений релятивистской астрофизики. Советские ученые — и теоретики, и наблюдатели — ведут исследования широким фронтом. Несомненно, в ближайшее время их ждут большие открытия.

Структура внешнего гравитационного поля вращающейся черной дыры. Внутри очерченной эллипсом области возможны движения только в направлении вращения черной дыры

Потоки газа в двойной системе с черной дырой. Образующийся вокруг черной дыры газовый диск излучает в рентгеновском диапазоне



Кандидат физико-математических наук
Б. В. КОМБЕРГ

Радиогалактика Дева А

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ СКОПЛЕНИЯ

В каталоге Ш. Мессье, изданном в 1783 году во Франции, под номером М 87 значится объект 10-й звездной величины. Этот же объект можно найти и в опубликованном Дж. Дрейером в 1888 году в Англии «Новом генеральном каталоге», где он обозначен NGC 4486. Спустя полвека астрономы, располагавшие уже в то время большими телескопами и чувствительными фотопластинками, выяснили, что это слегка вытянутое туманное образование с ярким голубым ядром — довольно близкая эллиптическая галактика. Ее отделяют от нас около 20 000 000 пс. Диаметр звездной системы 50 000 пс, а масса в 10 раз больше, чем масса нашей Галактики.

Гигантская звездная система расположена примерно в 300 000 пс от центра богатого скопления галактик в созвездии Девы. (Размеры центральной области скопления составляют около 2 000 000 пс, или 4° на небесной сфере.) С. ван ден Берг (США) именно с центральным положением М 87 в богатом скоплении галактик связывает многие ее примечательные особенности, например, необычно **большое количество шаровых скоплений**. В галактике их насчитывается десятки тысяч. Самые яркие шаровые скопления хорошо видны на фотографиях, полученных с длительной экспозицией. Не исключено, что центральным положением М 87 в скоплении галактик как-то объясняется и другая ее интересная особенность — **протяженная слабосветящаяся корона**. В виде красноватого оре-

В близкой к нам гигантской эллиптической галактике в созвездии Девы наблюдается удивительно много шаровых скоплений, протяженная массивная корона и необычный выброс из ядра.

ола она прослеживается до угловых расстояний около 1° (500 000 пс) от центра галактики. Дж. Вокулер, Х. Арп и Ф. Бертола (США) считают, что основная масса М 87 сосредоточена как раз в короне, где отношение массы к светимости достигает 200 (это примерно в 10 раз больше, чем для центральных областей галактики). При таких предположениях общая масса М 87 может составлять 10^{13} солнечных, то есть в 100 раз превышать массу всей нашей Галактики. А ведь наша звездная система относится к гигантским спиральным объектам!

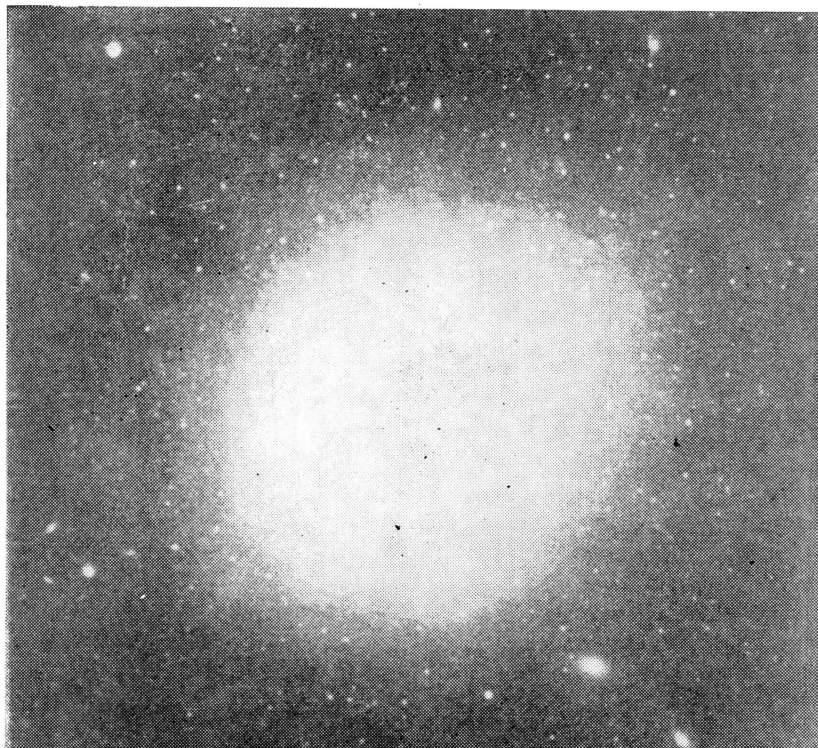
На фотографиях М 87 можно заметить еще одну и, пожалуй, самую поразительную особенность галактики — **гирлянду довольно ярких конденсаций**. Она вытянута почти по прямой к западу от ядра М 87 на 20 угловых секунд (около 2000 пс), толщина ее меньше двух угловых секунд (около 200 пс). Удивляет и сам факт существования такого узкого образования, связанного с ядром галактики, и то, что он направлен только в одну сторону от ядра. По-видимому, эта струя вещества, выброшенного из ядра вдоль его оси вращения, удерживается сильным магнитным полем. Не исключено, что односторонность выброса — кажущаяся и вызвана тем, что мы наблюдаем лишь те его области, в которых движение направлено

на нас. Такого мнения придерживается член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский. Он предполагает, что скорость выброса из ядра может быть около световой.

Струя выброшенного из ядра вещества состоит из шести отдельных сгустков. У самого яркого из них звездная величина в голубых лучах около $16,8^m$, что соответствует абсолютной звездной величине -15^m . Весь же выброс, по оценкам Дж. Вокулера, примерно в 2,5 раза ярче, и его абсолютная звездная величина достигает -16^m , что только в 100 раз меньше блеска всей галактики М 87. Струя в центре М 87 имеет необычно голубой цвет и на фотографиях, сделанных в синих лучах на 5-метровом телескопе, достаточно четко видна. Особенно впечатляющей она становится после обработки фотографии на ЭВМ. Методика обработки, предложенная специально для исследования слабых деталей на поверхности планет, позволяет благодаря автоматическому введению коррекций на фон и шумы фотопластинки повысить разрешение (до секунды дуги, определяемой атмосферными флуктуациями) и контраст отдельных образований.

Выброс вещества из ядра галактики М 87 исследовался спектроскопистами. Оказалось, что в спектре конденсаций преобладает нетепловое голубоватое излучение и видна размытая линия ионизованного кислорода (длина волны 3727 Å), по которой, к сожалению, не удастся точно измерить лучевую скорость ионизованного газа, выброшенного из ядра. По-видимому, она не превышает 1000 км/с.

Излучение отдельных конденсаций



сильно поляризовано (больше 30%), а плоскости поляризации в трех соседних самых ярких сгустках перпендикулярны друг другу. Такие особенности оптического излучения позволили И. С. Шкловскому в 1963 году сделать вывод о его **синхротронной природе**. Синхротронное излучение может возникнуть, если в конденсациях имеется большое количество электронов, скорость которых близка к световой, и довольно значительное (10^{-3} Гс) магнитное поле, вытянутое вдоль выброса. Такие электроны движутся в магнитном поле по сильно вытянутой спирали. Поскольку движение по спирали неравномерное и непрямолинейное, заряженные частицы будут излучать и поэтому тормозиться. Излучение распространяется в узком конусе в направлении движения частиц. Из-за релятивистских эффектов наблюдаемые частоты излучения окажутся выше собственной частоты вращения электрона в магнитном поле. Электроны с энергией 10^{12} эВ в магнитном поле около 10^{-3} Гс испускают синхротронное излучение

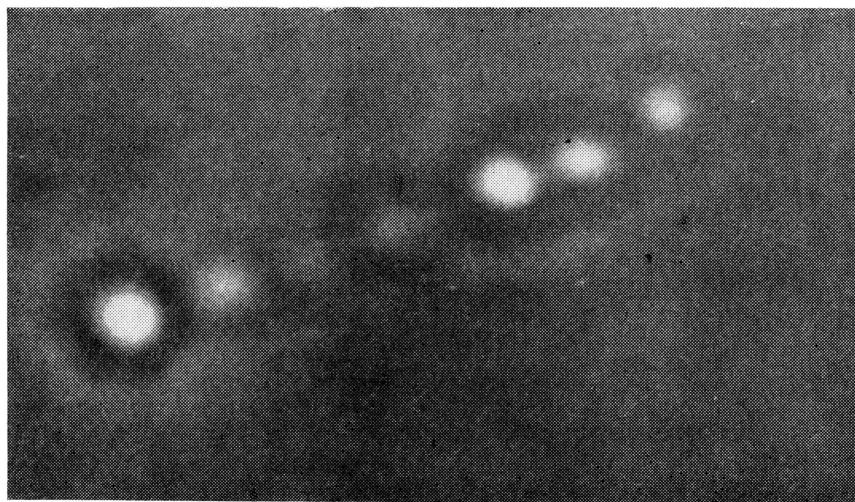
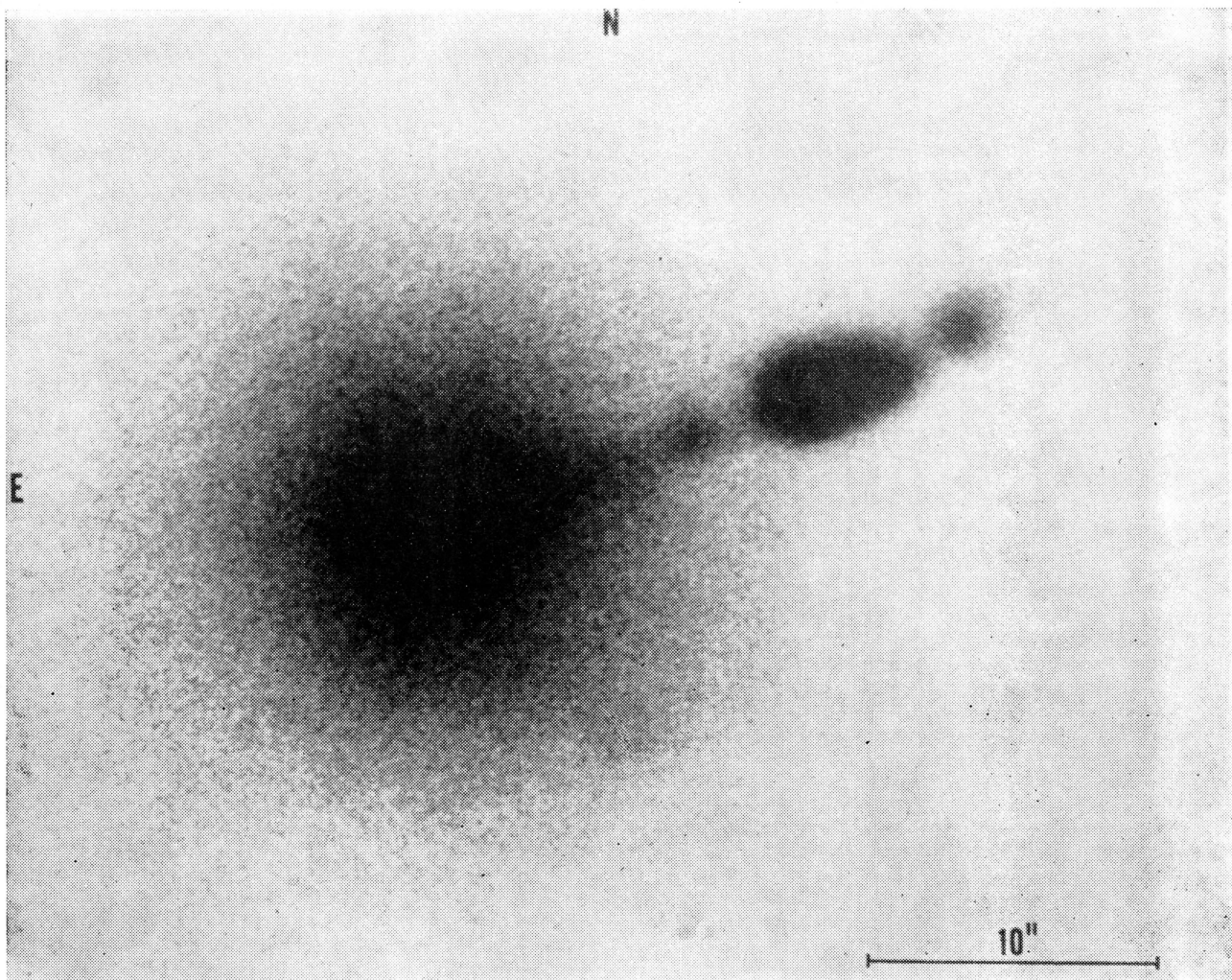


Эллиптическая галактика М 87. В слабосветящейся короне галактики видны яркие шаровые скопления. (Фотография из «Хаббловского атласа галактик»)



Изображение протяженной короны вокруг М 87. На фотопластинке, позволяющей выявлять области с поверхностной яркостью до 1% от фона ночного неба, корона имеет поперечник около 1° . Светлая область в центре раньше считалась всей галактикой. Рисунок показывает линии равной яркости на фотографии галактики и ее окрестностей





Снимок М 87, полученный на 5-метровом телескопе (негатив). Виден мощный выброс вещества из ядра галактики

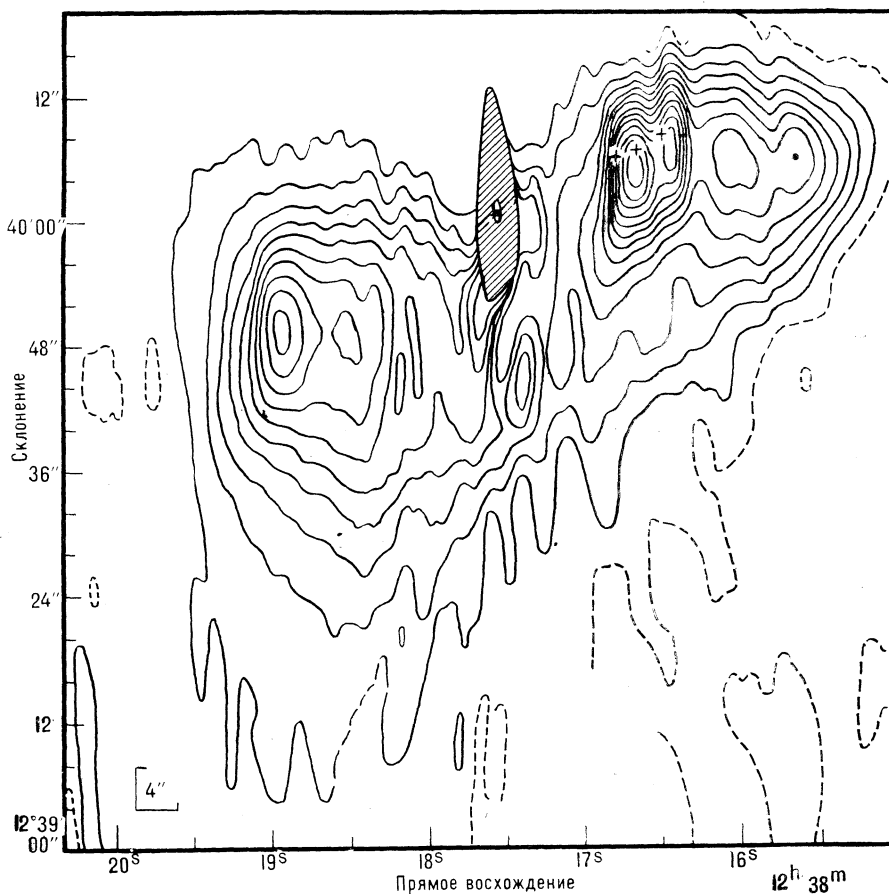
Так выглядит выброс вещества из ядра галактики М 87 после обработки фотографии на ЭВМ

в оптическом диапазоне в конусе с раствором меньше 1° . Откуда берутся эти электроны и в каком процессе они ускоряются до релятивистских энергий, пока не ясно.

Массу выброшенного газа можно оценить по интенсивности наблюдаемой линии ионизованного кислорода, предположив, что доля кислорода в галактике такая же, как и на Солнце. Поскольку размер выброса примерно 2000×200 пс, то масса получается равной нескольким миллионам солнечных. Если скорость отдельных конденсаций не превышает 1000 км/с, то полная кинетическая энергия в выбросе порядка 10^{55} эрг. Это соответствует энергии, выделяющейся при одновременном взрыве нескольких десятков тысяч сверхновых звезд! Если же, как считает И. С. Шкловский, конденсации движутся со скоростью, близкой к скорости света, то для согласования с наблюдаемой энергетикой надо предполагать, что масса вещества в выбросе не превышает нескольких солнечных.

В 1976 году Х. Арп, наблюдая галактику в линии водорода H_α , обнаружил, что в противоположном от выброса направлении тянется из ядра изогнутый «канал», более яркий на краях, — **контрвыброс**. Длина контрвыброса около 10 кпс, толщина 1 кпс. В 1968 году М. Волчер (США) зарегистрировал в линии ионизованного кислорода слабосветящуюся область. Она располагалась к северу от ядра, в конусе с раствором около 90° . Свечение в «**веерном**» выбросе было заметно на расстоянии вплоть до 2 кпс.

Заканчивая обзор наблюдений галактики М 87 в оптическом диапазо-



не, добавим, что в направлении выброса на расстоянии около 700 000 пс (около $1,5^\circ$ на небесной сфере) от М 87 находится довольно яркая эллиптическая галактика М 84, принадлежащая тому же скоплению. Однако никаких следов взаимодействия между М 84 и М 87 не обнаружено.

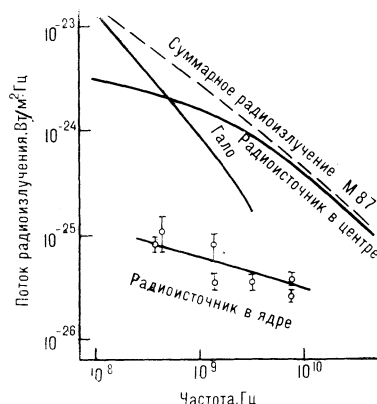
НЕОБЫЧНАЯ РАДИОГАЛАКТИКА

Если оптическое излучение галактики М 87 возникает при движении релятивистских электронов в сильном магнитном поле, то эти частицы, теряя энергию за счет излучения и переходя в области со слабым магнитным полем, начнут излучать и в радиодиапазоне. И действительно, в 1968 году Дж. Болтон (США) установил, что галактика М 87 — сильный радиоисточник, который в третьем кембриджском каталоге получил но-

мер 3С 274. (Этот радиообъект — ярчайший в созвездии Девы, и потому его часто обозначают как Дева А.) Соседняя с М 87 галактика М 84 также попала в кембриджский каталог под номером 3С 272, хотя поток радиоизлучения от нее в сотни раз слабее, чем от М 87.

Однако М 87 не совсем обычная радиогалактика: структура ее радиоизлучающих областей не характерна для радиогалактик, да и мощность радиоизлучения слишком низкая. У М 87 нет протяженных радиокомпонентов, удаленных от галактики на

■ *Радиокарта источника 3С 274, отождествленного с центром галактики М 87. Заштрихованная область соответствует радиоисточнику в ядре галактики. Крестиками отмечено положение оптических конденсаций в выбросе*



сотни килопарсек, а есть только слабое **протяженное гало**, которое излучает в диапазоне метровых волн примерно $5 \cdot 10^{39}$ эрг/с. Размеры гало около 10 угловых минут, что соответствует 60 000 пс. По мощности радиоизлучения Дева А в десятки тысяч раз уступает многим радиогалактикам и квазарам. М 87 называют радиогалактикой лишь потому, что она находится довольно близко к нам.

В центре галактики обнаружен яркий радиоисточник. Его исследовали на интерферометрах с большими базами, например, во время советско-американского эксперимента в 1972 году. Антенны радиоинтерферометра располагались в Симеизе, Грин Бенке и Голдстоуне. В ходе эксперимента было достигнуто угловое разрешение около $3 \cdot 10^{-4}$ секунды на волне 3,6 см. В 1975 году радиоисточник подробно изучался на 5-километровом радиотелескопе в Кембридже (Англия). Оказалось, что **центральный радиоисточник** М 87 имеет сложную структуру, он вытянут в направлении выброс — контрвыброс примерно на 6000 пс и излучает на волне 6 см около 10^{40} эрг/с. Отдельные яркие детали радиоисточника совпадают с конденсациями в выбросе. Одна из них, возможно, связана с ядром М 87. Этот компонент испускает на волне 6 см около 10^{39} эрг/с. Поиски переменности его радиоизлучения пока не увенчались успехом.

В гало М 87, по всей вероятности, излучают электроны, ускоренные в ядре галактики и потерявшие часть своей энергии за время, которое прошло с момента их ускорения. По-видимому, энергичные частицы сначала излучают в сильных магнитных

полях вблизи ядра (радиоисточники в ядре и в центре), а потом уходят в протяженные области со слабыми магнитными полями (гало).

Наблюдения со спутников и ракет показали, что в скоплении галактик в созвездии Девы имеются два **рентгеновских источника**. Один из них — очень протяженный (диаметр около 400 000 пс). Вероятно, он связан с излучением горячего газа (температура 100 млн. градусов), находящегося в центральной области скопления галактик. Поскольку мощность источника в диапазоне 2—8 кэВ достигает $2 \cdot 10^{43}$ эрг/с, то для объяснения его природы требуется больше 10^{13} солнечных масс горячего ионизованного газа. Газ в центральных областях скопления нагревается до очень высоких температур за счет быстрого движения (1000 км/с) в сильном гравитационном поле богатого скопления галактик.

Другой рентгеновский источник примерно в 10 раз слабее и очень компактный. Он связан, по-видимому, с ядром галактики М 87. Его излучение может быть обусловлено теми же электронами, которые ответственны за синхротронное излучение центрального радиоисточника галактики. Эти электроны движутся с околосветовыми скоростями и при столкновении с квантами радио- или инфракрасного диапазонов отдают им часть своей энергии, превращая их в кванты более жесткого излучения — рентгеновские или даже гамма-кванты. Та-

кой механизм излучения называется обратным Комптон-эффектом. Он действует лишь в тех областях, где велика плотность энергичных электронов и мягких квантов, с которыми электроны будут сталкиваться. Именно такие условия существуют в компактных радиоисточниках, расположенных в центральных областях некоторых галактик, радиогалактик и квазаров.

Итак, мы постарались в общих чертах описать свойства достаточно хорошо исследованной галактики М 87. И на этот раз мы столкнулись с проявлением общей для науки закономерности: чем больше мы знаем об объекте исследования, тем сложнее вырисовывается картина. Это относится и к далекой периферии М 87, где наблюдается протяженная корона, и к центральным областям галактики, столь богатым шаровыми скоплениями, и к ядру М 87, повышенная активность которого проявляется в виде мощного выброса вещества и сильных радио- и рентгеновского излучений. Астрофизики пока не могут сказать, связаны ли эти особенности галактики с ее центральным положением в богатом скоплении галактик или они присущи всем массивным эллиптическим системам.

Вполне вероятно, что, изучив и поняв лучше свойства и природу ядер близких к нам галактик, астрофизики сумеют ближе подойти к разгадке природы квазаров, которые считаются очень активными ядрами более далеких гигантских эллиптических систем.

Спектры компонентов радиоисточника 3С 274



Кандидат физико-математических наук
П. Р. АМНУЭЛЬ

Вспышки невидимых звезд

ВСПЫШКИ В СОЗВЕЗДИИ ЦЕНТАВРА

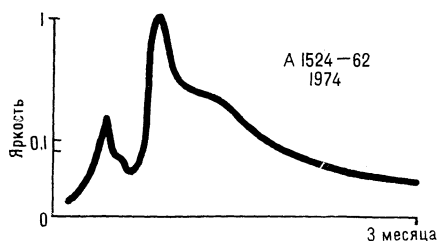
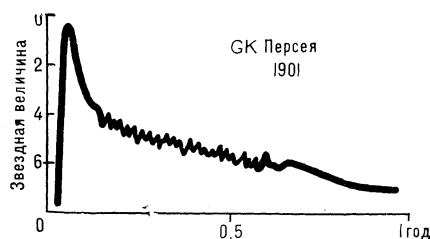
4 апреля 1967 года во время полета исследовательской ракеты «Аэроби» был обнаружен в созвездии Центавра неизвестный прежде рентгеновский источник. По яркости он не уступал Скорпиону X-1 — самой яркой звезде рентгеновского неба. До конца 1967 года за странным источником (ему присвоили наименование Центавр X-2) наблюдали довольно регулярно — семь раз стартовали ракеты с рентгеновскими счетчиками. Яркость Центавра X-2, возрастая, достигла максимума и начала медленно уменьшаться.

Явление в целом — резкий всплеск яркости и медленное угасание — было очень похоже на вспышку обычной оптической новой звезды. Начались поиски оптического объекта и в районе локализации источника Центавр X-2. Но отождествить рентгеновскую новую с оптическим объектом не удалось.

8 июля 1969 года в созвездии Центавра вспыхнул еще один яркий рентгеновский источник. Его назвали Центавр X-4 и наблюдали за ним в течение полугода. В максимуме блеск обеих рентгеновских новых оказался примерно одинаковым, но поведение их было различным. Блеск Центавра X-2 уменьшался очень медленно, даже в конце 1968 года еще отмечалось его слабое излучение. Блеск Центавра X-4 снижался резко — через четыре месяца после вспышки источник уже с трудом удавалось обнаружить.

Странными выглядели два обстоятельства. Во-первых, если в момент рентгеновского максимума продол-

Время от времени на невидимом рентгеновском небе появляется новая звезда. Она вспыхивает, достигая иногда огромной яркости, и медленно гаснет. Что представляют собой эти «временные» рентгеновские источники? Есть ли у них что-то общее с обычными оптическими новыми звездами?



Кривые блеска Новой Персея 1901 года и временного рентгеновского источника, вспыхнувшего в 1974 году. Во время вспышки яркость рентгеновского источника возрастает столь же быстро, как и новой звезды, а затем медленно падает

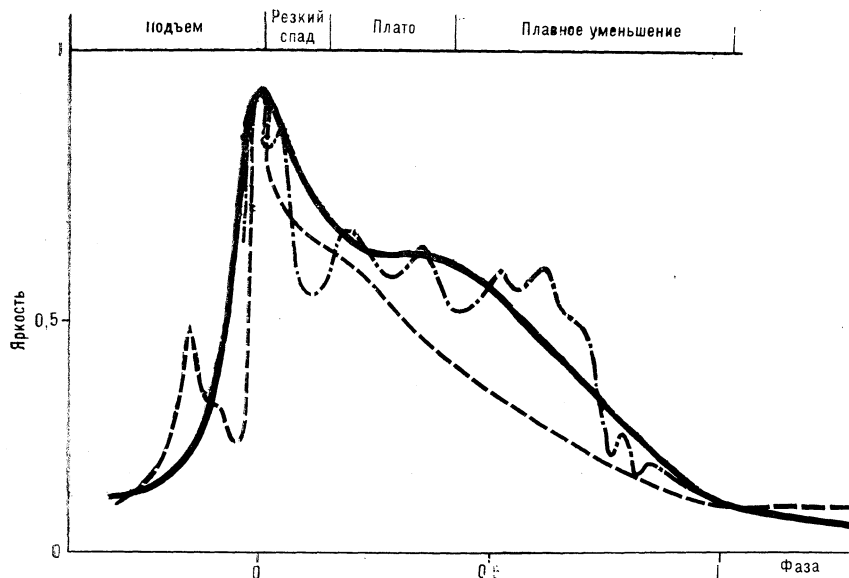
жить в оптический диапазон рентгеновский спектр, то следовало ожидать появления на небе оптического объекта 5-й звездной величины! Между тем ни в 1967, ни в 1969 годах новые звезды в созвездии Центавра не вспыхивали. И второе. Допустим, что во время вспышек новых звезд возникает мощное рентгеновское излучение. Почему же тогда ни одна из известных оптических новых звезд не стала одновременно рентгеновским источником? В 1967 году, например, яркие новые вспыхивали в созвездиях Дельфина и Лисички, но они не излучали в рентгеновском диапазоне.

Приходится сделать вывод, что, несмотря на сходство кривых блеска, рентгеновские вспышки никак не связаны с оптическими новыми звездами.

СЛИШКОМ МАЛО ДАННЫХ

Две рентгеновские новые (в научной литературе их чаще называют временными рентгеновскими источниками) — это очень мало для статистики. Чтобы собрать необходимый материал, нужен рентгеновский патруль — прибор, который непрерывно просматривал бы рентгеновское небо. Ракеты для этой цели не годились — требовался специализированный рентгеновский спутник.

Спутник был запущен в декабре 1970 года с американской научной базы у берегов Кении и назван «Ухуру». Одна из многочисленных задач этого спутника — детальное исследование ярких рентгеновских источников Скорпион X-1, Лебедь X-1, Геркулес X-1. За два года ра-



боты «Ухуру» зарегистрировал и несколько временных рентгеновских источников. Самыми яркими оказались источники 3U 1543—47 и 3U 1735—28.* Оба были в 10 раз слабее Центавра Х-2. Источник 3U 1543—47 походил на Центавр Х-4, источник 3U 1735—28 вспыхнул и исчез в течение недели. Оптические новые не бывают столь «быстрыми». И опять — никаких отождествлений.

В 1974 году в Шемахинской астрофизической обсерватории АН АзербССР астрофизики из группы О. Х. Гусейнова собрали все разрозненные ракетные наблюдения почти за десятилетний период до запуска «Ухуру», обработали их по единой методике и построили для каждого рентгеновского источника кривую блеска — ненадежную кривую из нескольких точек. У девяти источников блеск увеличивался, а потом медленно ослабевал. Если эти объекты — временные рентгеновские источники, то девять ненадежных

кривых блеска можно попытаться объединить в одну. На средней (синтетической) кривой было уже около 30 точек, которые очертили характерные изгибы кривой блеска: быстрый подъем, довольно резкий спад и, наконец, плавное уменьшение интенсивности. Кривые блеска временных рентгеновских источников Центавр Х-4 и 3U 1543—47 неплохо следуют синтетической кривой в фазах спада интенсивности и плато (в других фазах эти источники попросту не наблюдались).

Характер синтетической кривой блеска позволил ответить на важный вопрос: гаснут рентгеновские новые или остаются после вспышки очень слабыми рентгеновскими источниками? Оказалось, что их рентгеновское излучение не исчезает, а становится примерно в 10 000 раз меньше (около 10^{34} эрг/с), чем в максимуме блеска. Столь слабые источники нельзя заметить на большом расстоянии. Природа временных рент-

геновских источников значительно прояснилась бы, если бы источник вспыхнул неподалеку от Солнца.

Такая вспышка произошла в 1975 году, когда уже действовал рентгеновский патруль на спутнике «Ариэль-5».

ОТКРЫТИЯ «АРИЭЛЯ»

15 октября 1974 года был запущен первый английский рентгеновский спутник «Ариэль-5». Небольшой аппарат массой всего 135 кг нес шесть рентгеновских телескопов, один из которых предназначался для постоянного обзора неба с целью поиска временных рентгеновских источников. За два года приборы «Ариэль-5» открыли около десятка таких источников.

В декабре 1974 года в созвездии Центавра вспыхнул источник А 1118—61. Наблюдался он всего 10 дней, и на фоне убывания блеска регистрировались систематические колебания яркости с периодом 6,75 минуты. Так был открыт рентгеновский пульсар, имевший в то время самый большой период. Временный рентгеновский источник А 0535+26, вспыхнувший в апреле 1975 года в созвездии Тельца, тоже оказался пульсаром с периодом 103,8 секунды. У остальных временных источников периодичности в изменениях яркости не обнаружили. Но зато была открыта такая особенность: рентгеновское излучение пульсаров более жесткое, чем у других источников. Иными словами, излучающая в рентгеновском диапазоне плазма — более горячая вблизи пульсаров. Что это: общее свой-

* В обозначениях рентгеновских источников буквенные индексы показывают, каким спутником открыт данный источник (3U — «Ухуру», А — «Ариэль-5», MX — OSO-7), а цифры соответствуют часам и минутам прямого восхождения источника и градусам его склонения.

Кривые блеска временных рентгеновских источников А 1524—62 (пунктир) и Центавр Х-4 (штрихпунктир). Сплошной линией показана синтетическая кривая блеска, построенная по данным наблюдений девяти временных источников

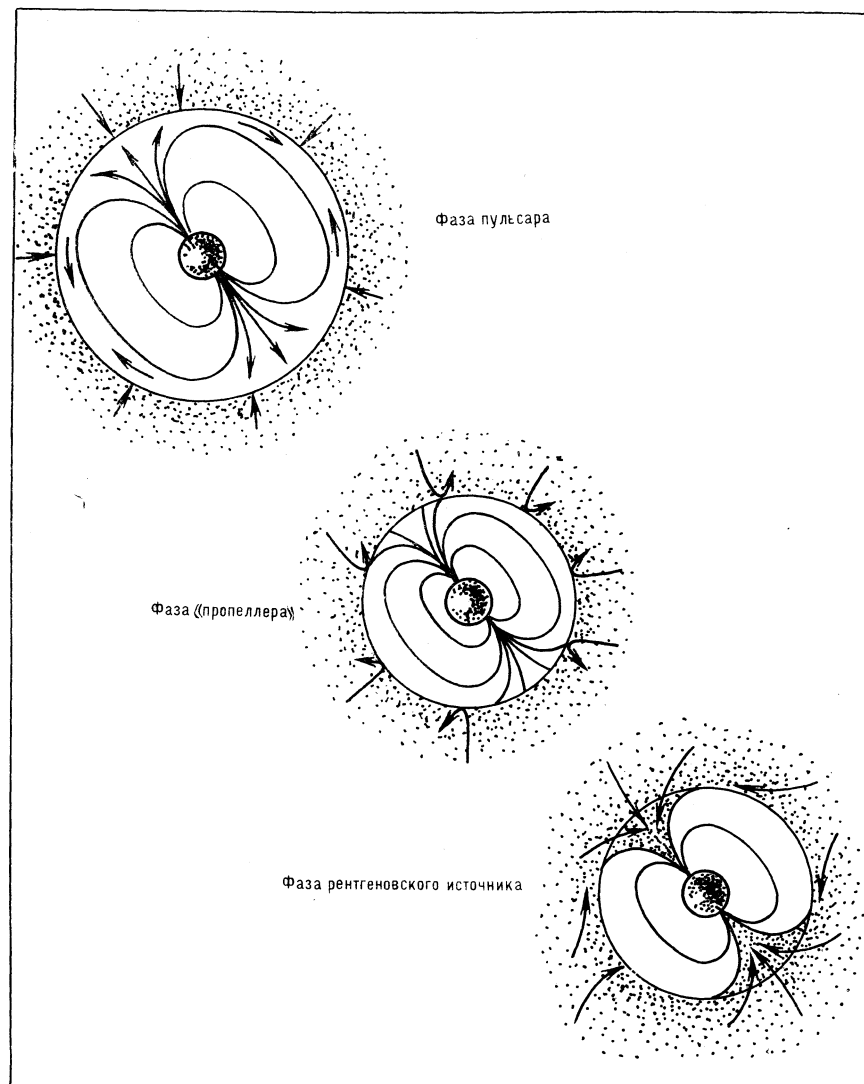
ство таких источников? Может быть, временные источники А 1118—61 и А 0535+26 связаны с нейтронными звездами, а остальные — с черными дырами? Какова, наконец, природа временных рентгеновских источников?

ГИПОТЕЗЫ, ГИПОТЕЗЫ...

Открытия «Ариэля-5» вызвали к жизни несколько теоретических работ, посвященных природе временных источников. Интерес теоретиков сосредоточился на источнике А 1118—61.

Предполагалось, что А 1118—61 — такая же двойная система с нейтронной звездой, как, например, Геркулес X-1 («Земля и Вселенная», № 5, 1975, с. 34—38.— Ред.). Но период вращения нейтронной звезды в системе А 1118—61 равен 6,75 минуты (нейтронная звезда в системе Геркулеса X-1 вращается с периодом 1,28 секунды). Гипотеза эта принадлежала английскому астрофизики А. Фабиану, но в основе ее лежала более ранняя работа советских ученых А. Ф. Илларионова и Р. А. Сюняева.

Еще до открытия источника А 1118—61 А. Ф. Илларионов и Р. А. Сюняев исследовали аккрецию звездного ветра на магнитную нейтронную звезду в двойной системе. Оказалось, что сильное магнитное поле (до 10^{13} Гс) долгое время не позволяет веществу падать на поверхность звезды. Вращающееся магнитное поле, подобно лопастям пропеллера, отбрасывает падающее вещество. Этот эффект так и был назван «эффектом пропеллера»



(«Земля и Вселенная», № 1, 1977, с. 29—35.— Ред.). Стадия «пропеллера» длится до тех пор, пока вращение нейтронной звезды не замедлится настолько, что лопасти «магнитного пропеллера» начнут «пропускать» вещество. Плазма потечет на магнитные полюсы нейтронной звезды, и тогда загорится рентгеновский пульсар. Однако за время существования «пропеллера» нейтронная звезда потеряет почти весь свой вращательный момент и период ее вращения увеличится до

■ *Фазы эволюции нейтронной звезды в двойной системе. Сначала нейтронная звезда находится в стадии радиопулсара. Извергаемые ею энергичные частицы отгоняют вещество, которое стекает с соседнего компонента системы. Затем радиопулсар гаснет, газ приближается к звезде, но падать на нее не может — газ отбрасывается давлением магнитного поля. Наконец вращение нейтронной звезды настолько замедляется, что «магнитный пропеллер» уже не в состоянии отбрасывать газ. Газ падает на звезду — возникает рентгеновский источник*

сотен секунд. Значит, нейтронная звезда в системе А 1118—61 уже прошла стадию «пропеллера». Эта гипотеза объясняла, почему так велик период пульсара в системе А 1118—61, но непосредственную причину рентгеновских вспышек объяснила стороной.

Не так уж много причин для появления временного рентгеновского источника. Мнение большинства астрофизиков сходилась на том, что вспышки связаны с двойными системами, где один из компонентов — релятивистская звезда. Либо в плотной атмосфере нейтронной звезды происходит взрыв, либо неожиданно возрастает аккреция вещества. При взрыве вещество должно сбрасываться, как у обычной новой, но тогда и феномен должен быть сходным: расширяющееся облако газа, остывая, должно давать оптическое излучение, богатое линиями. Такого излучения, однако, никто ни разу не наблюдал.

Возможно, правы астрофизики Шемахинской обсерватории, которые считают, что временные рентгеновские источники появляются в таких двойных системах, где нормальный компонент еще не заполнил свою полость Роша. Но звезда уже покинула главную последовательность и стала источником звездного ветра. Небольшая доля вещества звездного ветра попадает в поле тяжести нейтронной звезды и захватывается ею (для этого нейтронная звезда должна уже пройти стадию «пропеллера»!). Если нормальный компонент теряет каждый год 10^{-8} масс Солнца, то нейтронной звезде достаточно захватить одну десяти-

тысячную часть этого вещества, чтобы загорелся слабый рентгеновский источник со светимостью около 10^{34} эрг/с.

Рентгеновские вспышки в такой системе возникают из-за неустойчивости в газовом диске, который образуется около релятивистской звезды. Масса вещества, заключенного в

диске, не должна превышать некоторый предел, который зависит от массы нейтронной звезды, вязкости вещества в диске, от процессов излучения. И когда вещества накапливается больше, чем может «удержать» диск, оно как бы «переливается через край». Аккреция неожиданно возрастает, растет и

ВРЕМЕННЫЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ ИСТОЧНИКИ, ОБНАРУЖЕННЫЕ ДО КОНЦА 1976 ГОДА

Источник	Дата вспышки	Время жизни	Примечание
Центавр X-2	Апрель 1967	Несколько месяцев	Впервые получена кривая блеска. Мало данных. Вторично вспыхнул в январе 1976 года. Вероятно, были вспышки и в 1965 и в 1969 годах. Один из самых «быстрых» источников.
Центавр X-4	Июль 1969	3 месяца	
Кит X-2 3U 1630-47	Октябрь 1969 Февраль 1971	? Около месяца	
3U 1735-28	Март 1971	Неделя	Возможно, связан с шаровым скоплением NGC 6440.
3U 1543-47	Июль 1971	Около года	
3U 1746-20	Декабрь 1971	Около месяца	
Цефей X-4 А 1524-62	Июнь 1972 Ноябрь 1974	Около месяца 3 месяца	Отождествлен с новоподобной звездой 17-й величины. Рентгеновский пульсар с периодом 6,75 минуты.
А 1118-61	Декабрь 1974	10 дней	
А 1742-28 А 0535+26	Февраль 1975 Апрель 1975	Около месяца Около месяца	
MX 1553-54 А 0620-00	Июнь 1975 Август 1975	? 8 месяцев	Рентгеновский пульсар с периодом 103,82 секунды. Источник повторно вспыхнул в ноябре 1975 года.
А 1745-36 А 1743-29	Февраль 1976 Март 1976	? ?	
MX 1803-24	Май 1976	Около недели	



светимость — возникает временный рентгеновский источник. Но сама возможность нестабильности в газовом диске оставалась недоказанной...

Все гипотезы о природе временных рентгеновских источников сталкивались с общей трудностью: для их доказательства или опровержения не хватало наблюдательного материала. А его было мало потому, что ни один временный источник не отождествили с оптическим объектом. Ведь именно оптические наблюдения дают основную информацию о процессах, происходящих в двойной системе.

Так продолжалось до августа 1975 года, пока в созвездии Единорога не вспыхнул уникальный рентгеновский источник.

САМАЯ ЯРКАЯ РЕНТГЕНОВСКАЯ ЗВЕЗДА

Приборы «Ариэля-5» впервые зафиксировали излучение источника А 0620—00 3 августа 1975 года. Источник был слаб, почти на пределе чувствительности аппаратуры. Но блеск его возрастал, 8 августа он стал ярче Скорпиона X-1. 13 августа, когда источник А 0620—00 достиг максимума блеска, он почти в пять раз превосходил по яркости Скорпиона X-1. Никогда еще за 13 лет существования рентгеновской астрофизики на небе не появлялся такой яркий объект! Рентгеновские измерения выполнялись непрерывно, в них участвовали и приборы американского спутника SAS-3, запущенного в мае 1975 года.

Параллельно с рентгеновскими ве-

лись и оптические наблюдения. На этот раз они увенчались успехом. В ночь на 16 августа 1975 года в обсерватории Мак-Гроу-Хилл в Калифорнии (эта обсерватория специально построена для исследования оптических компонентов рентгеновских источников) источник А 0620—00 был отождествлен со звездой 11-й величины. В ее спектре не оказалось ни линий поглощения, ни излучения (видны были лишь слабые линии, принадлежавшие межзвездному газу). Расстояние до звезды удалось оценить по интенсивности наблюдавшихся в ее спектре межзвездных линий поглощения. Чем дальше звезда, тем больше межзвездного газа на луче зрения и тем сильнее в ее спектре межзвездные линии. Оказалось, что расстояние до А 0620—00 не превышает нескольких сот парсек.

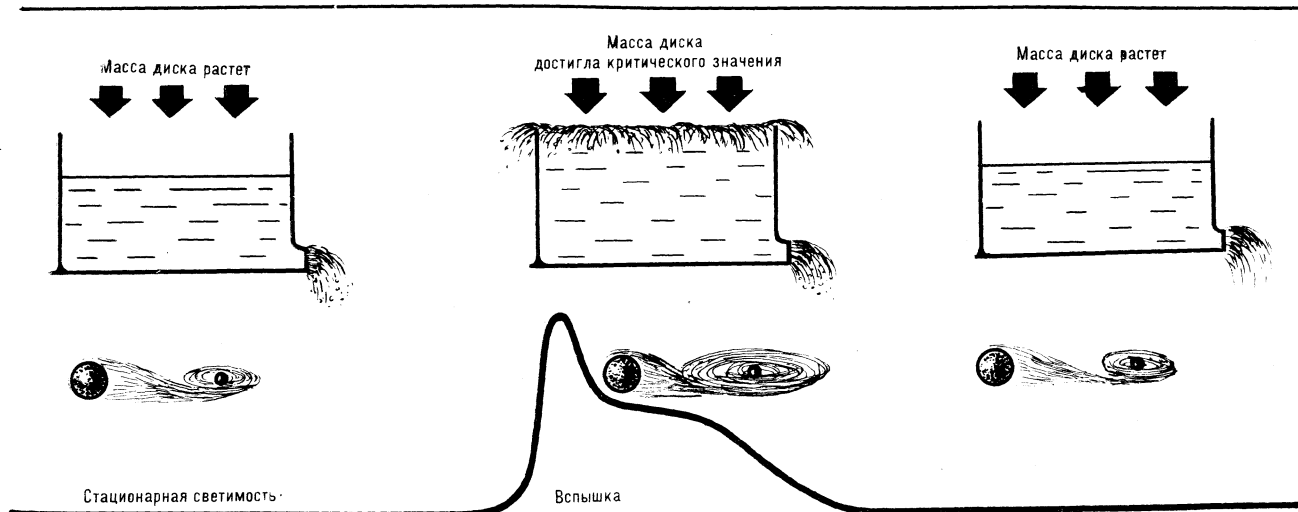
Итак, наблюдателям повезло: временный рентгеновский источник вспыхнул недалеко от Солнца. Светимость его в максимуме была вполне «нормальной» — около $4 \cdot 10^{37}$ эрг/с, если расстояние до источника 500 пс. В момент обнаружения источника 3 августа 1975 года его светимость не превышала 10^{34} эрг/с. Измерения со спутника SAS-3 показали, что в начале августа источник был значительно горячее, чем в момент максимума. Это означало, что в Галактике действительно есть слабые, но «жесткие» рентгеновские источники, которые неожиданно вспыхивают, а затем возвращаются к состоянию с низкой рентгеновской светимостью.

Тогда же, в августе, было сделано

еще одно интересное открытие. Американские ученые Л. Экус, Е. Райт и В. Лиллер, просмотрев более 500 пластинок из «стеклянной» библиотеки Гарвардской обсерватории, установили, что звезда, отождествленная с источником А 0620—00, уже вспыхивала в ноябре 1917 года. Так было доказано, что временные рентгеновские источники появляются регулярно и интервал между вспышками одного источника, во всяком случае, меньше ста лет. Позднее выяснилось, что вспышки могут происходить чаще. Временный рентгеновский источник А 0535+26, наблюдавшийся в апреле 1975 года, в ноябре того же года вспыхнул опять. А источник 3U 1630—47, вспышку которого «Ухуру» зарегистрировал в январе 1971 года, еще трижды наблюдался за пять лет.

Несколько прояснилась и природа источников. Стало очевидным, что причиной вспышки не может быть взрывной процесс, иначе вскоре после взрыва в спектре звезды, отождествленной с источником А 0620—00, появились бы линии, как в спектрах обычных оптических novae. Но линии у этой звезды были зарегистрированы только в октябре, да и то очень слабые. На спектрах, полученных в Шемахинской астрофизической обсерватории АН АзербССР в декабре 1975 и январе 1976 годов, никаких ярких линий обнаружить не удалось. А ведь прошло уже почти полгода после вспышки!

Остается гипотеза об аккреции двойной системы. По какой-то причине скорость аккреции на реляти-



вистскую звезду неожиданно возрастает, вызывая рентгеновскую вспышку. Но почему увеличивается аккреция?

И ОПЯТЬ ГИПОТЕЗЫ...

А. Фабиан и его коллеги Дж. Прингл и И. Авни предложили еще одно объяснение рентгеновских вспышек. Представим себе двойную систему, где звезды движутся по очень вытянутым, почти параболическим орбитам. В апоастре расстояние между релятивистской звездой и нормальным компонентом велико и аккреция звездного ветра мала — рентгеновский источник слаб. Но в периастре звезды сближаются в десятки раз, намного увеличивается и скорость аккреции — резко возрастает рентгеновская светимость. Однако вытянутость орбиты — эксцентриситет должен быть

очень велик, порядка 0,97. Маловероятно образование двойных систем с таким эксцентриситетом. Самый большой из надежно измеренных эксцентриситетов в системах, содержащих релятивистские звезды, всего 0,61.

Вероятно, системы с временными рентгеновскими источниками — это такие же двойные системы, как, например, Геркулес X-1, но условия аккреции здесь иные. В обычном своем состоянии — между вспышками — они могут быть слабыми рентгеновскими источниками. Ожидаемое в Галактике число двойных систем, содержащих временные источники (около 5000), совпадает с независимой оценкой числа слабых рентгеновских источников. И ход кривой блеска показывает, что между вспышками временные источники дают слабое рентгеновское излучение. Наконец, источник A 0620—00, если верно определено расстояние, имел до вспышки небольшую рентгеновскую светимость — около 10^{34} эрг/с. Здесь прослеживается логическая цепочка, связывающая слабые рентгеновские источники и рентгеновские новые. В таких системах нет аномалий, они и по размерам могут быть близки к обычным рентгеновским двойным. Нормальные компоненты в таких системах имеют малую массу и относятся к звездам позднего спектрального класса (например, звезда, отождествленная с источником A 0620—00).

А причина рентгеновской вспышки? Она может быть скрыта в особенностях структуры газового диска около релятивистской звезды.

Мы уже говорили, что аккреция увеличивается, например, из-за неустойчивости в диске, его «переполнения». Если во время вспышки из диска «вытекает» много вещества и вспышка получается сильной, то для пополнения «резервуара» теперь нужно больше времени, чем если бы вспышка оказалась слабой. Иначе говоря, от яркой вспышки до следующей должно пройти больше времени, чем от слабой. Интервал между вспышками временных рентгеновских источников измеряется годами и десятилетиями, так что проследить такую зависимость, даже если она существует, трудно.

Будем ждать результатов новых наблюдений, хотя в рентгеновской астрофизике новые загадки возникают прежде, чем удается разгадать старые.

В двойной системе с релятивистской звездой диск, формирующийся из вещества, которое стекает с нормального компонента, подобен резервуару. В этот резервуар стекает вещества больше, чем перетекает на релятивистскую звезду. Когда масса диска превышает критическую, вещество как бы переливается через край, аккреция на нейтронную звезду растет и вспыхивает временный рентгеновский источник

Кандидат технических наук
Д. Л. ЗАЙЦЕВ



Система спутникового телевизионного вещания «Экран»

ОТ «ОРБИТЫ» К «ЭКРАНУ»

К проблеме телевизионного вещания со спутников ученые многих стран мира проявляют повышенный интерес. Дело в том, что со спутника, обращающегося по геостационарной орбите, можно передавать телевизионные сигналы на обширную территорию — вплоть до $\frac{1}{3}$ земной поверхности.

Традиционные способы телевизионного вещания основаны на использовании наземных радиорелейных и кабельных линий и мощных передающих станций. Но сегодня эти способы даже в наиболее развитых государствах не могут охватить все уголки страны телевизионным вещанием. Это объясняется тем, что почти в каждой большой стране имеются труднодоступные районы. В таких районах сооружение передающих телевизионных станций и радиорелейных или кабельных линий, прокладываемых обычно для удобства обслуживания вдоль транспортных магистралей, осложнено, а иногда и невозможно.

В нашей стране полный охват территории с помощью искусственных спутников Земли представляет особый интерес.

К 1968 году в крупных городах страны было построено около 200 телецентров и передающих станций, а телевизионные программы смотрела только половина населения страны.

Если учесть, что около половины советских людей — горожане, то окажется, что к началу 1968 года телевидением пользовалось только население крупных городов и прилегающих к ним сельских районов.

Чтобы в отдаленных уголках нашей Родины люди могли «видеть Москву», создана система спутникового телевизионного вещания «Экран».

Дальнейшая телефикация страны (если употребить этот термин по аналогии с радиофикацией), благодаря которой телевидение должно прийти к жителям отдаленных, труднодоступных и малонаселенных районов страны, требовала качественно новых решений. Для подачи к этим телецентрам и ретрансляторам программ Центрального телевидения необходимо создание широкой сети радиорелейных и кабельных линий. Создание такой сети линий требует огромных капитальных затрат, измеряемых миллиардами рублей, и отодвигается на несколько десятилетий (за 2000-й год).

Первым шагом для решения этой задачи было создание сети станций «Орбита», принимающих сигналы от нескольких связанных искусственных спутников Земли «Молния», движущихся по эллиптической орбите с периодом обращения, равным 12 часам. Двадцать станций, построенных к 50-летию Советской власти в таких крупных городах, как Новосибирск, Мурманск, Владивосток, Алма-Ата, позволили обеспечить телевидением около 20 млн. человек («Земля и Вселенная», № 5, 1977, с. 8—15.—Ред.). При увеличении числа станций до 70 (в 3,5 раза) число телезрителей возросло до 30 млн. человек (в 1,5 раза). После этого станции «Орбита»

стали строиться не только в крупных городах, но и в небольших населенных пунктах — таких, как Хандыга, Батагай, Бухта Провидения, Ключи.

Необходимо было найти новое техническое решение, которое повысило бы экономическую эффективность системы спутникового телевидения, упростило бы и удешевило приемные установки. Такое решение воплотилось в системе «Экран», созданной в СССР в 1976 году.

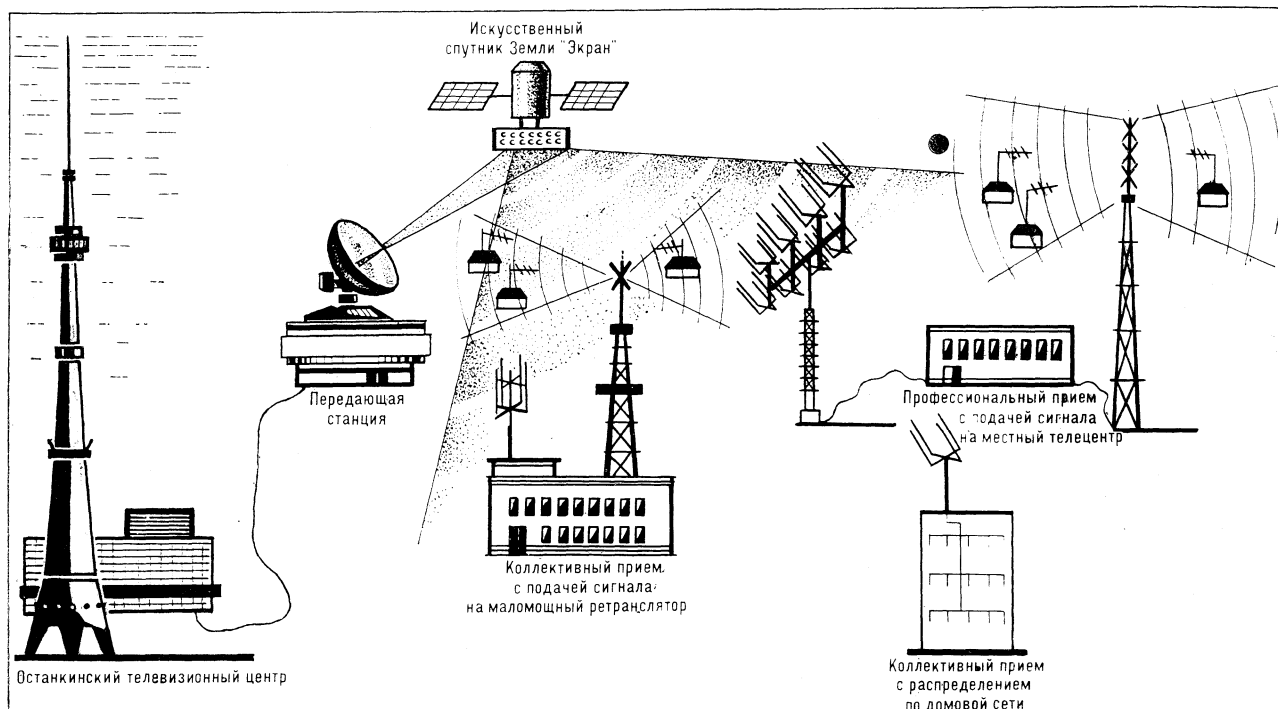
СИСТЕМА «ЭКРАН»

На искусственном спутнике Земли «Экран» размещен мощный ретранслятор (200 Вт) с остронаправленной антенной, ориентированной на неохваченные телевидением районы Сибири и Крайнего Севера.

К моменту запуска спутника — 26 октября 1976 года — в зоне было установлено около 60 приемных устройств, а через несколько месяцев после запуска число их превысило число станций «Орбита».

Зона качественного приема сигналов системы распространяется почти на 9 млн. км², что составляет 0,4 территории нашей страны; населяют эту зону около 25 млн. человек.

Система «Экран» состоит из трех основных комплексов: наземной станции, передающей телевизионные сигналы на искусственный спутник Земли, искусственного спутника Земли «Экран» и сети наземных приемных станций, расположенных в зоне обслуживания искусственного спутника Земли.



Первая программа Центрального телевидения из Телецентра в Останкино с учетом поясного времени Сибири (с опережением московского на 4 часа) подается по наземным соединительным линиям на передающую станцию, расположенную вблизи Москвы. Станция оборудована аппаратурой для формирования сигнала, подлежащего передаче, мощным передатчиком (5 кВт) и параболической остроуправленной антенной диаметром 12 м. Эквивалентная изотропно (одинаково по всем направлениям) излучаемая мощность станции в направлении максимального

усиления антенны равна 1,5 ГВт.

Промодулированный по частоте и усиленный сигнал с частотой 6,2 ГГц направляется в сторону спутника, находящегося на стационарной орбите над точкой экватора с координатами: 0° с. ш., 99° в. д. Сигналы наземной передающей станции улавливаются приемной антенной спутника, ориентированной на Москву, преобразуются по частоте, усиливаются бортовым

ретранслятором до 200 Вт (в $5 \cdot 10^{11}$ раз) и в полосе частот 702—726 МГц излучаются бортовой передающей антенной в направлении азиатской части СССР. Бортовой ретранслятор и другие бортовые системы питаются от солнечной батареи, обеспечивающей мощность до 2 кВт.

Применение остроуправленной бортовой передающей антенны и необходимость повышения эффективности солнечных батарей требуют постоянной и точной ориентации передающей антенны на центр зоны обслуживания, а панелей солнечных батарей — на Солнце. Эту задачу вы-

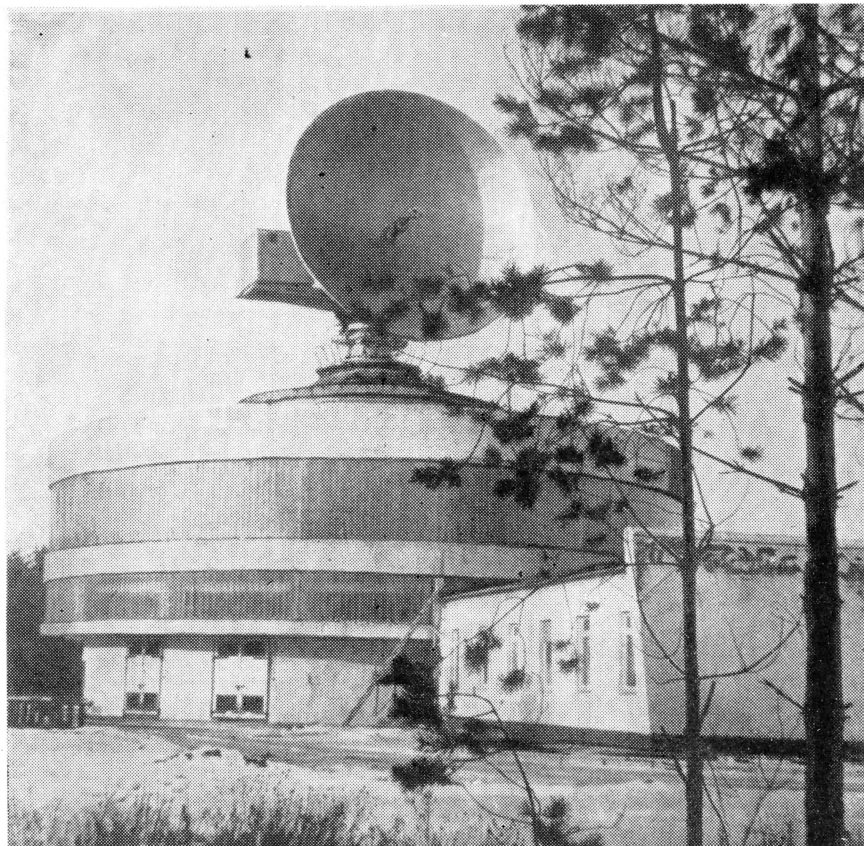
Система «Экран»

полняет трехосная система ориентации и стабилизации. Система коррекции удерживает спутник в заданной точке орбиты и при необходимости перемещает его вдоль экватора. Управление работой спутника осуществляется по радиокомандам с Земли.

Спутник «Экран» выводится многоступенчатой ракетой-носителем. Чтобы обеспечить возможность медленного движения («дрейфа») спутника от точки выведения до точки его «стояния», спутник доставляется сначала на околоstationарную орбиту, где период его обращения несколько отличается от суточного. В момент выхода в точку «стояния» спутник с помощью бортовой корректирующей установки притормаживается, и период его обращения доводится до суточного.

Использование в системе «Экран» геостационарного искусственного спутника Земли, не меняющего своего положения относительно Земли, позволило осуществить прием на неподвижные антенны и избавиться от дорогих систем слежения за спутником. Высокая мощность бортового передатчика и точно ориентированная передающая антенна бортового ретранслятора обеспечили в зоне обслуживания системы такую плотность потока мощности полезного сигнала, что приемник с неохлаждаемым транзисторным усилителем на входе может его принимать.

Сейчас используются приемные установки двух классов. **Установка I класса** (для профессионального приема) используется для подачи высококачественного сигнала на мощные телевизионные ретрансляторы или передающие станции. Она состоит из



небольшого приемного устройства, представляющего собой стойку с размерами $130 \times 70 \times 30$ см, которая может поместиться в любом служебном здании, например в отделении связи, и антенны, устанавливаемой рядом со зданием. Приемное устройство содержит высокочувстви-

тельный и надежный транзисторный усилитель высокой частоты и два одинаковых канала преобразования и усиления сигнала. Один канал работает, второй — резервный.

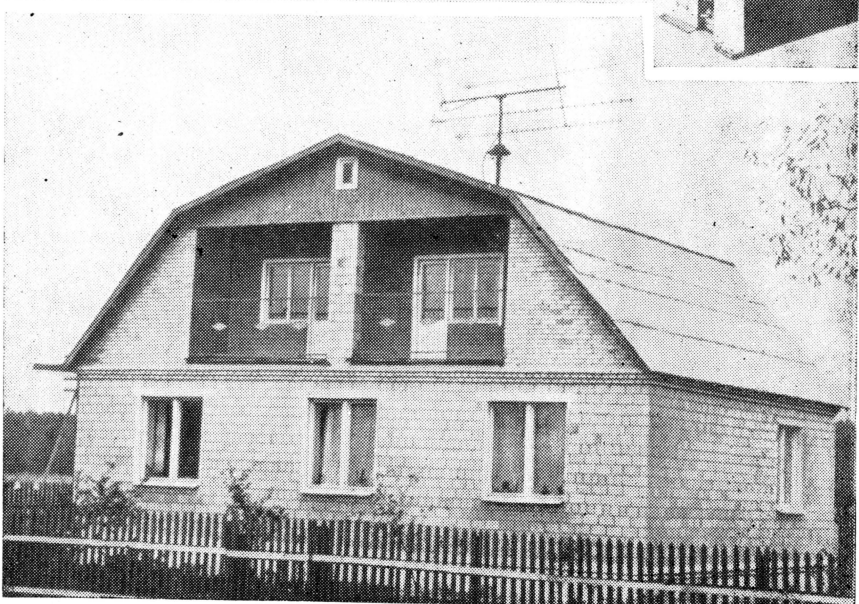
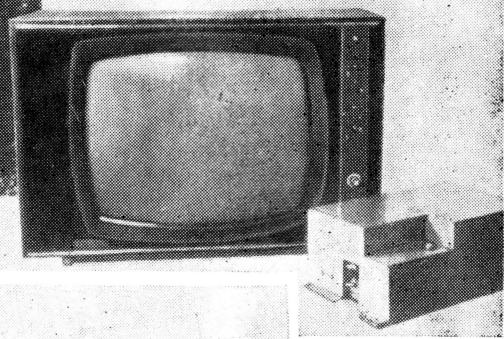
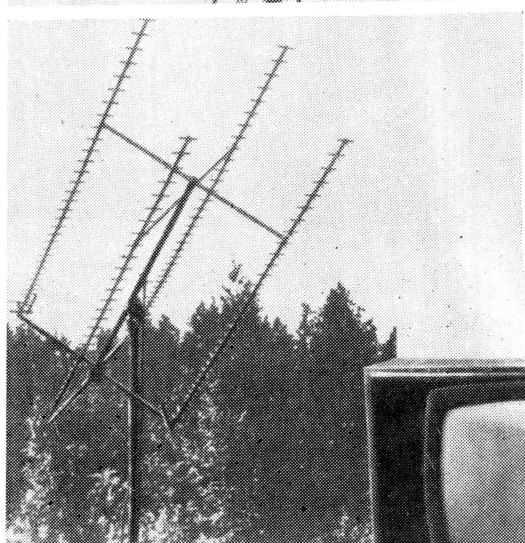
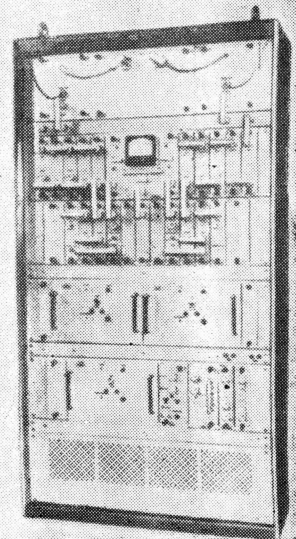
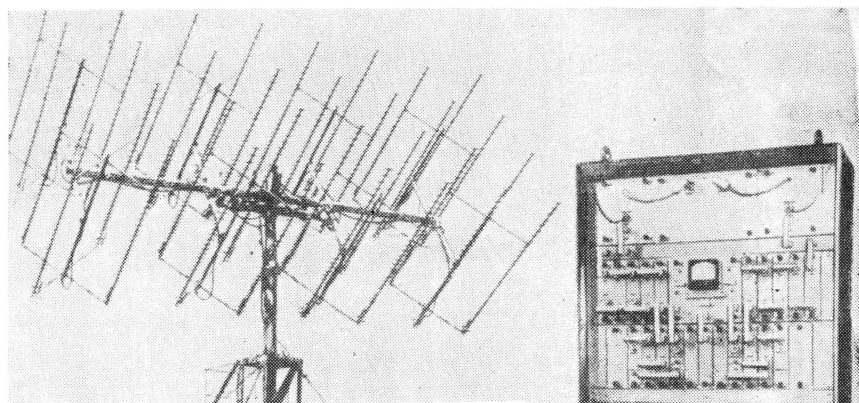
Антенная система установки I класса — тридцать две антенны дециметрового диапазона, аналогичных используемым в наземном телевизионном вещании. Они расположены в четыре ряда, в каждом ряду по 8

■
Наземная передающая станция

штук, усиление антенной системы около 1200.

Установка I класса не требует какого-либо капитального строительства.

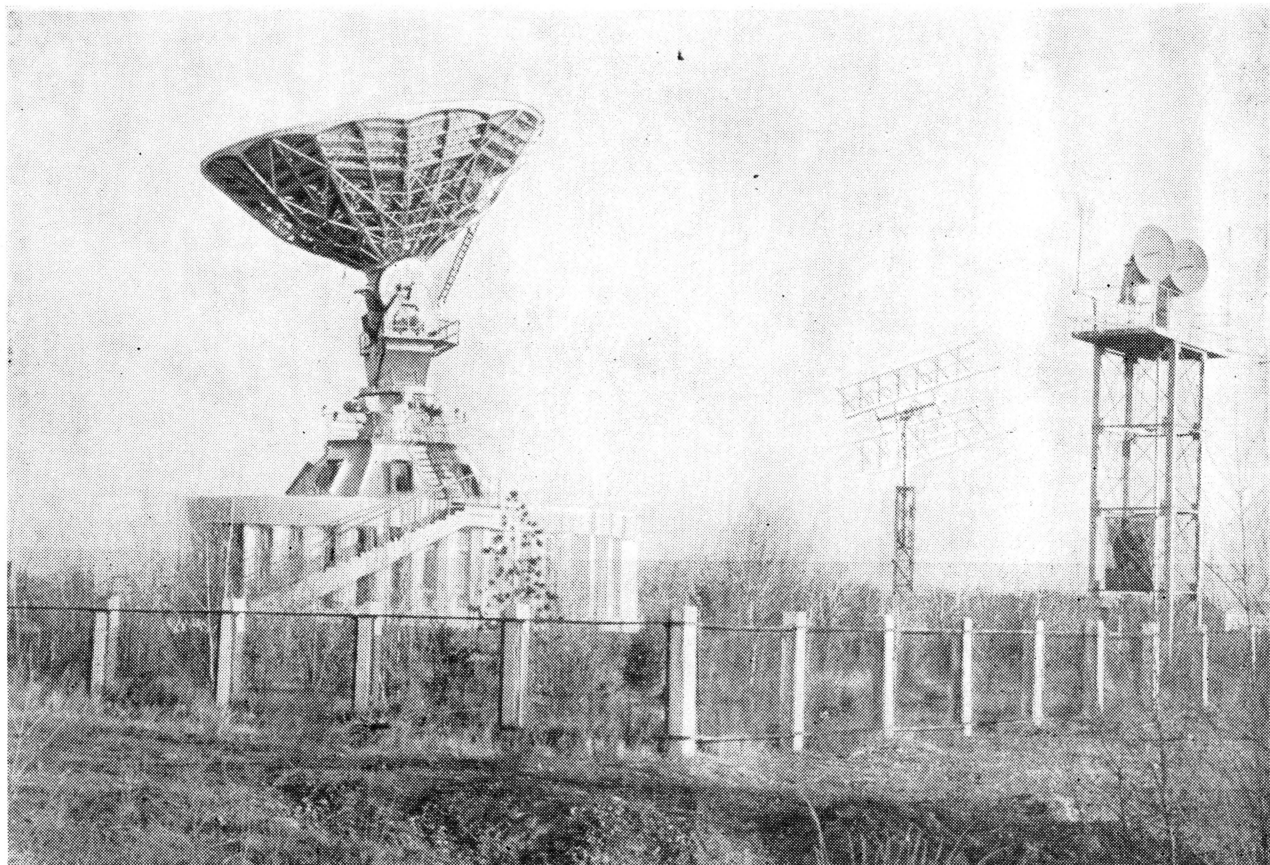
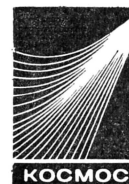
Наряду с установками I класса широко используются упрощенные **установки II класса** (установки коллективного приема), позволяющие подавать сигнал на маломощный (1—10 Вт) телевизионный ретранслятор, в распределительную телевизионную сеть многоквартирных домов или даже в отдельные дома. Антенная система установки II класса состоит всего из четырех таких же, как и в системе I класса, антенн (два ряда по 2 антенны) и размещается на крыше дома (аналогично обычным телевизионным антеннам коллективного приема). Усиление такой системы около 200. Приемник установки II класса, содержащий те же элементы, что и приемник I класса, но без резервного канала и измерительного прибора (размеры приемника $36 \times 24 \times 16$ см) не требует настройки, нуждается лишь в периодических осмотрах и может находиться либо на лестничной площадке, либо рядом с телевизором или маломощным телевизионным ретранслятором. Такой приемник обеспечивает более низ-



■
Установка I класса

■
Установка II класса

■
Антенна установки II класса, расположенная на крыше дома



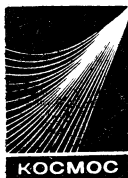
кое качество приема, чем профессиональный приемник I класса, но оно полностью соответствует качеству приема от наземных телецентров.

Сейчас система «Экран» успешно проходит испытания. Дальнейшее ее развитие безусловно желательно ввиду низкой стоимости и простоты приемных устройств. Один из путей

развития — расширение зоны обслуживания системы в связи с применением более чувствительных приемных установок. Уже разработан и опробован усилитель, позволяющий существенно расширить зону приема установок I класса.

■ Станция «Орбита» и антенна установки I класса системы «Экран»

Установки II класса для расширения зоны приема могут комплектоваться более сложными антенными системами, содержащими 8 и 16 антенн. Этим, конечно, не исчерпываются возможности усовершенствования и развития системы «Экран» — большого достижения советской науки и техники.



Кандидат физико-математических наук
Ю. В. МИНЕЕВ

Солнечные космические лучи идут к Солнцу

КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ ВОКРУГ НАС

Латинское слово «генератор» переводится на русский язык как «родитель» или «производитель». Оказываясь, наше Солнце тоже генератор — оно производит космические лучи с энергией до десятков мегаэлектронвольт даже тогда, когда его поверхность относительно спокойна. Но вот на Солнце происходит вспышка и межпланетное пространство заполняется потоками более «энергичных» частиц — с энергией в сотни мегаэлектронвольт. Сам термин «космические лучи», возникший в начале XX века, под которым понимали суммарный поток частиц, падающих на Землю, сегодня значительно расширен («Земля и Вселенная», № 1, 1977, с. 4—10.— Ред.). Прежде всего, в зависимости от происхождения различают галактические и солнечные космические лучи. А после полетов космических аппаратов к планетам Солнечной системы появился термин «планетные космические лучи», что означает: поток частиц от планет. Ученые подразделили космические лучи на первичные и вторичные. Первичные лучи — поток заряженных частиц в межпланетном пространстве, состоящий из галактических и солнечных космических лучей; вторичные — продукт взаимодействия первичных лучей с земной атмосферой и Землей.

Соотношение между галактическими и солнечными космическими лучами в межпланетном пространстве не всегда одинаково. Оно зависит от энергии первичных космических лучей, времени наблюдения (скажем,

В течение 10 часов поток частиц к Солнцу в 2—3 раза превышал поток частиц от него. Это необычное явление зарегистрировали приборы автоматической межпланетной станции «Марс-7» в сентябре 1973 года после вспышки на Солнце.

2 или 10 сентября). Например, в период вспышек на Солнце в межпланетном пространстве могут преобладать солнечные частицы.

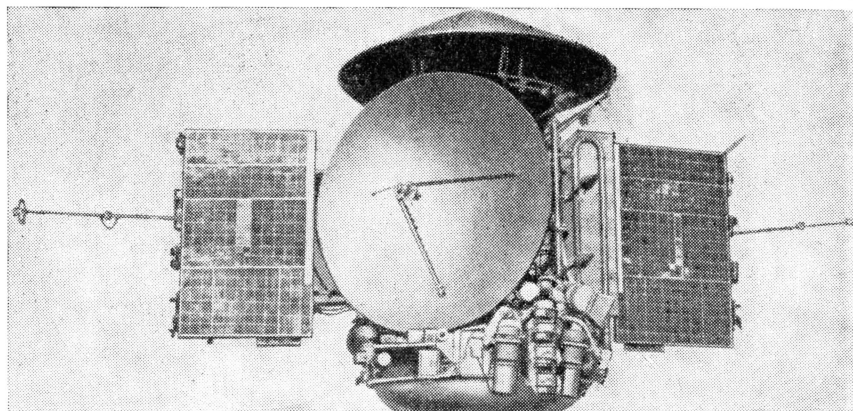
В многообразном воздействии Солнца на Землю солнечным космическим лучам, несомненно, принадлежит важная роль. Отмечены многочисленные зависимости между многими земными явлениями и солнечной активностью, сопровождающейся выбросом частиц. Поэтому, в частности, нам важно знать, как происходит генерация космических солнечных лучей и как они распространяются. Чтобы ответить на эти вопросы, надо прежде всего изучить энергию и анизотропию потоков частиц (различие свойств потока частиц в разных направлениях).

Конечно, физики до начала космической эры успели сделать немало, но полеты спутников и, особенно, автоматических межпланетных станций предоставили им возможность изучать первичные космические лучи в межпланетном пространстве в течение длительного времени и на значительном удалении от Земли. Сравнение потоков космических лучей, зарегистрированных автоматическими межпланетными станциями и околоземными спутниками типа «Прогноз»,

многое прояснило в картине распространения солнечных космических лучей в межпланетном пространстве. Чтобы получить информацию об энергии частиц (а она может меняться от десятков килоэлектронвольт до сотен мегаэлектронвольт и выше) и о типе частиц, пришлось воспользоваться современными методами ядерной физики («Земля и Вселенная», № 2, 1973, с. 31—35.— Ред.). Регистрация частиц обычно основана на ионизации заряженной частицей вещества детектора. Но так же, как нельзя комнатным термометром измерить весь диапазон температур (скажем, от температуры жидкого азота до температуры плавления серебра), не существует и единой методики и одного прибора, способного измерить весь интервал энергии космических лучей.

ЛАБОРАТОРИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

На автоматической межпланетной станции «Марс-7» устанавливался комплекс аппаратуры, который с полным правом можно назвать лабораторией космических лучей. Аппаратуру разработали и изготовили сотрудники Научно-исследовательского института ядерной физики МГУ. С ее помощью можно было изучать протоны с энергией от 50 кэВ до 500 МэВ и электроны в диапазоне энергий 0,05—0,5 МэВ, что давало необходимые сведения о генерации и распространении солнечных космических лучей. Наряду с известными газоразрядными, полупроводниковыми, сцинтилляционными и черенковскими детекторами были применены и новые,

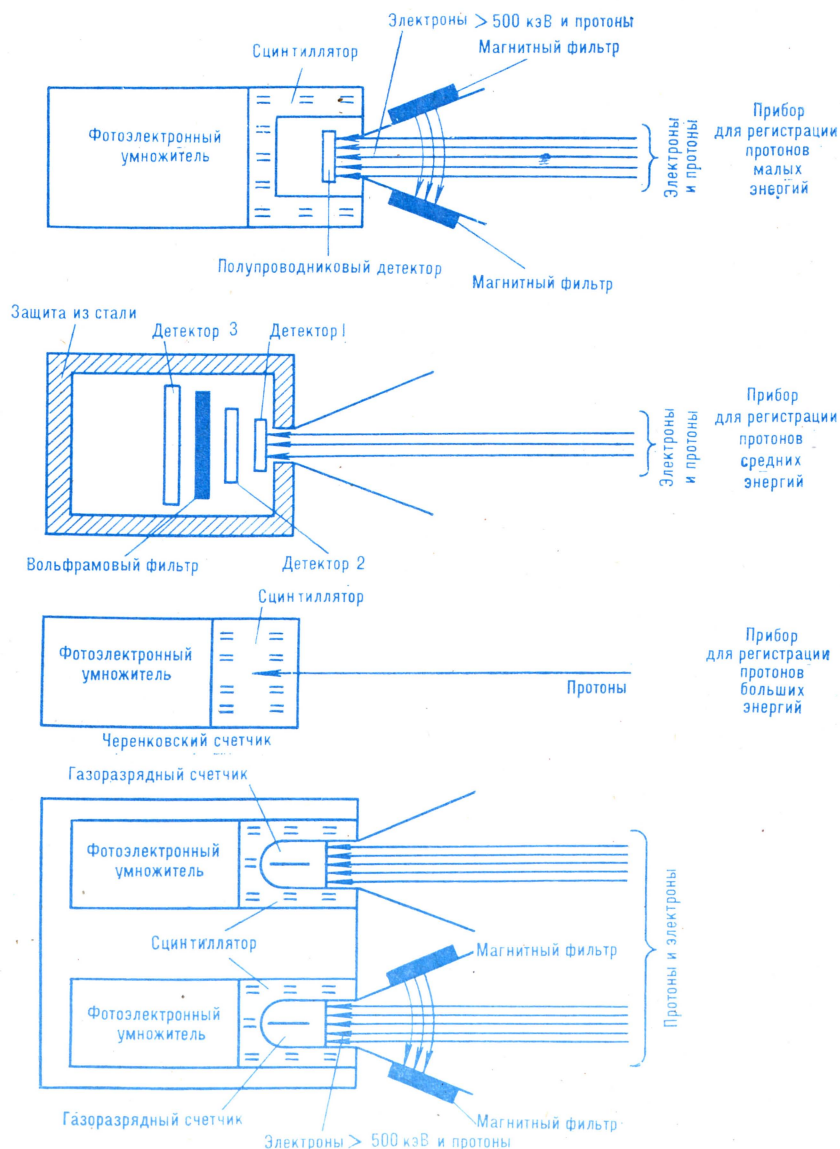


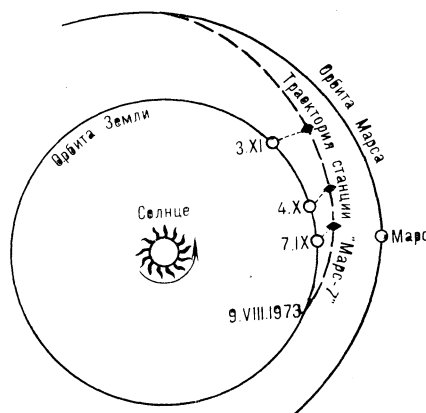
специально разработанные для этого эксперимента, составные детекторы протонов малых и средних энергий.

Для измерения протонов малых энергий — от 0,05 до 2 МэВ использовался тонкий малошумящий кремниевый полупроводниковый детектор. Чтобы исключить попадание в детектор частиц другого типа — электронов, перед детектором устанавливался магнитный фильтр. Так как масса электрона примерно в 2000 раз меньше массы протона, то электроны с энергией до 500 кэВ эффективно отклонялись магнитным фильтром и не попадали в детектор, в то время как протоны с энергией 0,05—2 МэВ практически не отклонялись и регистрировались детектором. Электроны с энергией больше 500 кэВ в тонком детекторе выделяли энергию, недостаточную для имитации протонов, и не регистрировались. Чтобы исключить попадание сбоку заряженных частиц и частиц, пробег которых превышает толщину полупроводникового детектора, детектор окружался сцинтиллятором. При попадании частицы в сцинтиллятор в нем возникала световая вспышка, фиксируемая фотоэлектронным умножителем и запрещающая регистрацию частицы кремниевым детектором.

Автоматическая межпланетная станция «Марс-7» с приборами для изучения потоков протонов и электронов космических лучей

Схемы регистрации солнечных космических лучей на автоматической межпланетной станции «Марс-7»





Для регистрации протонов средних энергий — от 1 до 150 МэВ применялась система из трех полупроводниковых детекторов (каждый толщиной 1 мм). Первый детектор регистрировал протоны с энергией от 1 до 14 МэВ.

Частицы, прошедшие первый детектор и остановившиеся во втором или в фильтре, имеют энергию от 14 до 70 МэВ. Частицы с энергией от 70 до 150 МэВ регистрируются третьим детектором. Электроны выделяли энергию, недостаточную для имитации протонов, и не регистрировались. Чтобы уменьшить попадание заряженных частиц сбоку и выделить угол регистрации, система полупроводниковых детекторов окружалась защитой из стали.

Для регистрации протонов с энергией выше 500 МэВ использовался детектор, представляющий собой миниатюрный черенковский счетчик, который действует на основе регистрации излучения Вавилова — Черенкова. При попадании в плексигласовый цилиндр протона с энергией более 500 МэВ и электрона с энергией больше 7 МэВ в нем возникает черенковское свечение, регистрируемое фотоумножителем. Импульсы с фотоумножителя после усиления считаются электронными схемами прибора. Электронов с такой энергией в солнечных космических лучах очень мало, поэтому можно считать, что счетчик регистрирует только протоны.

Для регистрации электронов малых энергий применялись миниатюрные газоразрядные счетчики. Через окно в этих счетчиках могли проходить электроны с энергией больше 50 кэВ и протоны с энергией больше 500 кэВ.

Прибор с двумя такими счетчиками, перед одним из которых стоял магнитный фильтр, по разности показаний этих счетчиков позволял определять поток электронов с энергией от 50 до 500 кэВ в присутствии значительного потока протонов. Чтобы исключить попадание частиц сбоку, газоразрядные детекторы окружались сцинтиллятором. При попадании в сцинтиллятор частицы возникала световая вспышка, регистрируемая фотоумножителем и запрещающая регистрацию частицы газоразрядным счетчиком.

Для изучения анизотропии потоков протонов средних и больших энергий и электронов на борту станции «Марс-7» располагались два одинаковых прибора: один из них «смотрел» на Солнце, а другой — в противоположную сторону.

Зарегистрировав частицу, приборы «докладывали» системе сбора и обработки информации, которая «считала» импульсы с каждого из детекторов и распределяла их по телеметрическим каналам. Поскольку исследования проходили в космосе, для уменьшения объема оборудования применялись электронные счетчики, которые в зависимости от потока частиц изменяли режим работы. Если поток был относительно постоянным,

система обработки регистрировала частицы, например, через час. Но как только на Солнце происходила вспышка и межпланетное пространство заполнялось заряженными частицами, система регистрировала потоки более часто (примерно каждые 10 минут).

АНИЗОТРОПИЯ ПРЕПОДНОСИТ СЮРПРИЗ

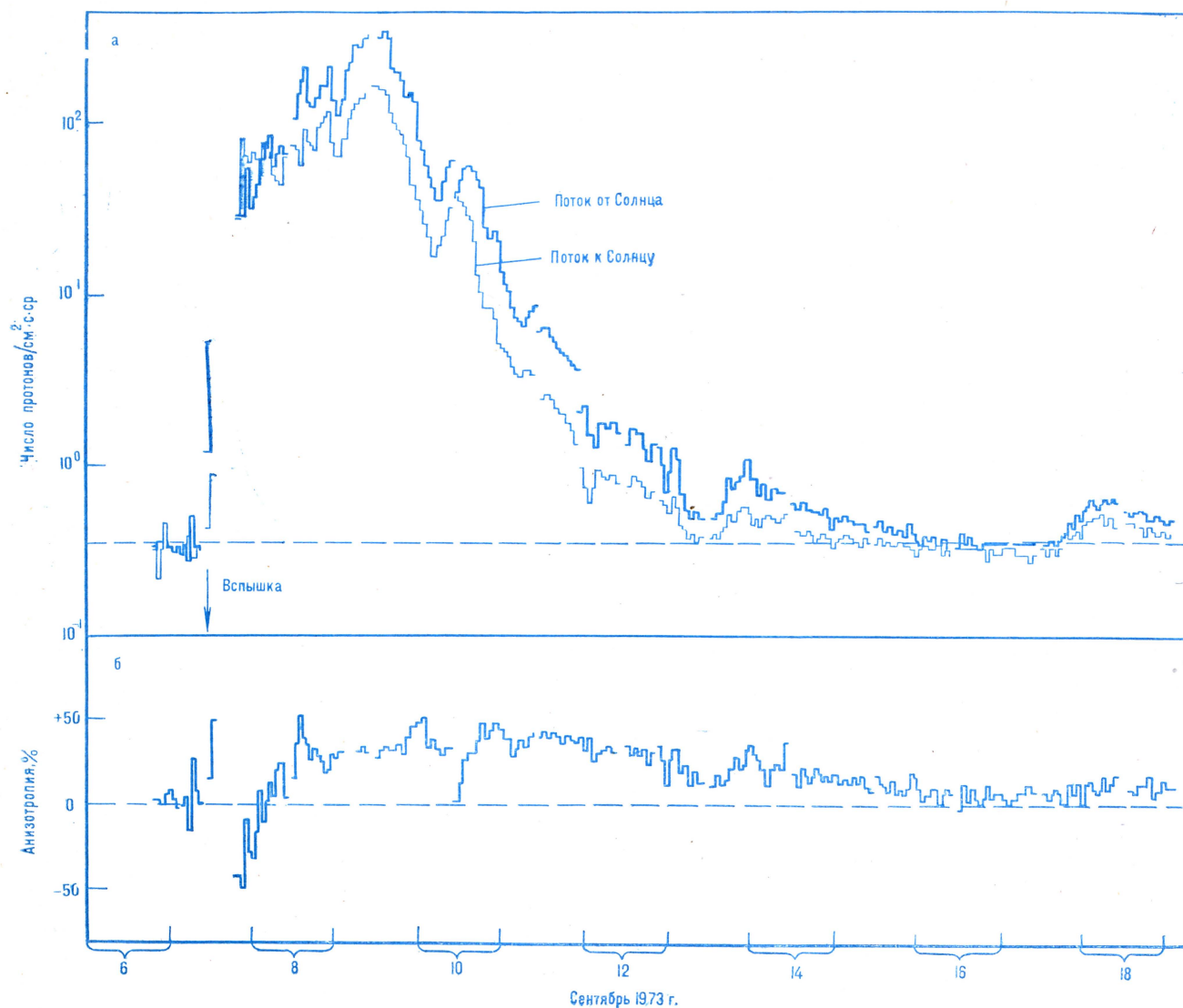
Автоматическая межпланетная станция «Марс-7» была запущена 9 августа 1973 года и достигла окрестности Марса 9 марта 1974 года. Во время полета измерялись энергетические спектры частиц, межпланетное магнитное поле, скорость солнечного ветра. Приборы станции многократно регистрировали потоки во время солнечных вспышек и их анизотропию. Все укладывалось в определенные рамки: нет вспышек на Солнце — наблюдается нулевая или близкая к нулю в основном положительная анизотропия потоков протонов и электронов. Есть вспышки — и, как правило, есть сильная положительная анизотропия, что вполне естественно, так как поток частиц от Солнца увеличился. Анизотропия потока определяется по формуле:

$$A = \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \cdot 100\%,$$

где N_1 — поток частиц от Солнца, N_2 — поток к Солнцу.

Но неожиданно 7 сентября 1973 года, когда станция «Марс-7» находилась на расстоянии 10 млн. км от Земли, все приборы зарегистрировали сильное возрастание потока частиц — в 11 часов 44 минуты Всемирного времени произошла мощная

Траектория полета автоматической межпланетной станции «Марс-7». Показаны орбиты Земли и Марса, положение Земли и станции во время вспышек на Солнце 7 сентября, 4 октября и 3 ноября 1973 года



солнечная вспышка. Вспышка сопровождалась интенсивным микроволновым и рентгеновским излучениями. Отличительной особенностью потоков частиц, зарегистрированных приборами станции «Марс-7», была **длительная отрицательная анизотропия** потоков протонов и электронов, чего ранее не наблюдалось. Спустя примерно час после начала вспышки появился пик положительной анизотропии величиной до +50%. Это означало, что поток от Солнца в 3 раза превышает поток к Солнцу.

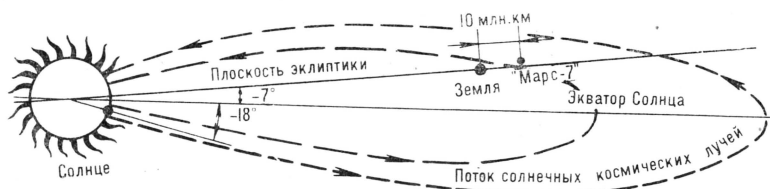
Затем положительная анизотропия постепенно сменилась отрицательной (величиной до -50%), то есть поток к Солнцу стал в 3 раза больше пото-

ка от Солнца. Отрицательная анизотропия наблюдалась в течение 10 часов, потом вновь стала положительной и оставалась такой в течение нескольких дней. В той же области Солнца, в которой 7 сентября произошла вспышка, наблюдались вспышки 4 октября и 3 ноября 1973 года. Эти вспышки были более слабыми. Тем не менее во вспышке 3 ноября была также обнаружена отрицатель-

ная анизотропия потоков протонов с энергией от 1 до 150 и от 3 до 35 МэВ в течение 2—4 часов. При вспышке 4 октября, которая была слабее последующей, удалось наблюдать только резкое уменьшение положительной анизотропии.

В чем причина таких резких изменений направления потоков солнечных космических лучей? Как часто можно наблюдать отрицательную анизотропию? Эти вопросы возникают при анализе вспышек. Попробуем в этом разобраться. Конечно, эффект отрицательной анизотропии мог возникнуть из-за неправильной работы приборов. Но такое предположение отвергли, так как это явление было

Потоки протонов с энергией 3—35 МэВ от Солнца и к Солнцу (а); анизотропия этих потоков (б), зарегистрированная во время солнечной вспышки 7 сентября 1973 года



зарегистрировано сразу несколькими детекторами протонов как средних, так и больших энергий, а также детекторами электронов. Пришлось искать другие объяснения. Движение заряженных частиц от солнечных вспышек определяется магнитным полем. Магнитное поле межпланетной среды определяется Солнцем. Магнитное поле Солнца существует не только вблизи Солнца, но и на больших расстояниях от него.

Поле на больших расстояниях от Солнца образуется в результате вытягивания магнитного поля Солнца солнечным ветром, и магнитные силовые линии межпланетного поля вследствие вращения Солнца принимают вид спирали Архимеда.

Частицы солнечных космических лучей движутся, нависая на силовые линии межпланетного магнитного поля, то есть вдоль спиралей Архимеда. Однако силовые линии межпланетного поля часто изгибаются и закручиваются, что связано с непостоянством скорости солнечного ветра («Земля и Вселенная», № 6, 1974, с. 32—36.—Ред.). Так как частицы

следуют вдоль силовых линий, зигзаг силовой линии межпланетного магнитного поля будет приводить к изменению направления движения частиц, и поэтому частицы будут двигаться к Солнцу, хотя они и родились на Солнце. Именно это — наиболее частая причина отрицательной анизотропии потоков солнечных космических лучей. Такие случаи отрицательной анизотропии потоков частиц продолжительностью 1—2 часа наблюдались довольно часто.

Причиной отрицательной анизотропии может быть также генерация частиц не Солнцем, а, например, Юпитером. Полеты зондов «Пионер-10, -11» показали, что от Юпитера по направлению к Солнцу могут двигаться потоки заряженных частиц.

Отрицательную анизотропию можно объяснить и перебросом частиц из южной полусферы Солнечной системы в северную по силовым линиям межпланетного магнитного поля, соединяющим северную и южную половины Солнца. Это утверждение основано на том, что в сентябре, октябре и ноябре 1973 года солнечные вспышки и космический аппарат «Марс-7» располагались по разные стороны от плоскости солнечного экватора. Последнее объяснение является наиболее вероятным и привлекательным. Возможно, новые полеты автоматических межпланетных станций и подробные измерения основных характеристик межпланетной среды позволят более точно узнать причину длительной отрицательной анизотропии.



«ПИОНЕР-11» ГОТОВ К ВСТРЕЧЕ С САТУРНОМ

Американский космический аппарат «Пионер-11», запущенный с Земли 6 апреля 1973 года и прошедший вблизи Юпитера 3 декабря 1974 года, продолжает путь к планете Сатурн. Он должен сблизиться с ней 1 сентября 1979 года. После первого пролета вблизи Юпитера аппарат вновь пересек орбиту этой планеты 10 июня 1977 года (сам Юпитер в это время был далеко) и теперь удаляется от нее в сторону орбиты Сатурна. Из 12 научных приборов на «Пионере-11» вышли из строя только два: астероидно-метеороидный детектор, у которого произошло замутнение фотоэлементов, и анализатор плазмы для регистрации солнечного ветра. Остальные приборы находятся в рабочем состоянии. Среди них — фотополяриметр, который помимо поляризации может использоваться для получения изображения, два типа магнитометров, инфракрасный детектор теплового излучения, ультрафиолетовый фотометр для регистрации излучения гелия и авроральных линий (свечения ночного неба планеты), детекторы заряженных частиц, космических лучей и разных видов излучения.

Подсчеты показали, что мощность радиоизотопных термоэлектрических генераторов, дающих энергию для работы систем «Пионера-11», ослабевает медленнее, чем предполагалось, и ее хватит для обеспечения работы вблизи Сатурна и передачи данных на Землю. Кроме того, есть еще 15—20 фунтов топлива, а для обеспечения возможных маневров достаточно 6 фунтов.

«Пионер-11» предполагается «пронести» через кольца Сатурна, но это произойдет столь быстро (за долю секунды), что зафиксировать встречу с мельчайшими частицами кольца с помощью детектора микротеоритов вряд ли удастся.

«Science News», 111, 25, 1977.

Зигзаг силовой линии межпланетного магнитного поля — наиболее частая причина отрицательной анизотропии потоков частиц

Распространение потока солнечных космических лучей во время вспышки 7 сентября 1973 года вдоль силовых линий, связывающих место вспышки со станцией «Марс-7»



Академик Г. И. МАРЧУК
Член-корреспондент АН СССР
Г. П. КУРБАТКИН

Численный прогноз погоды

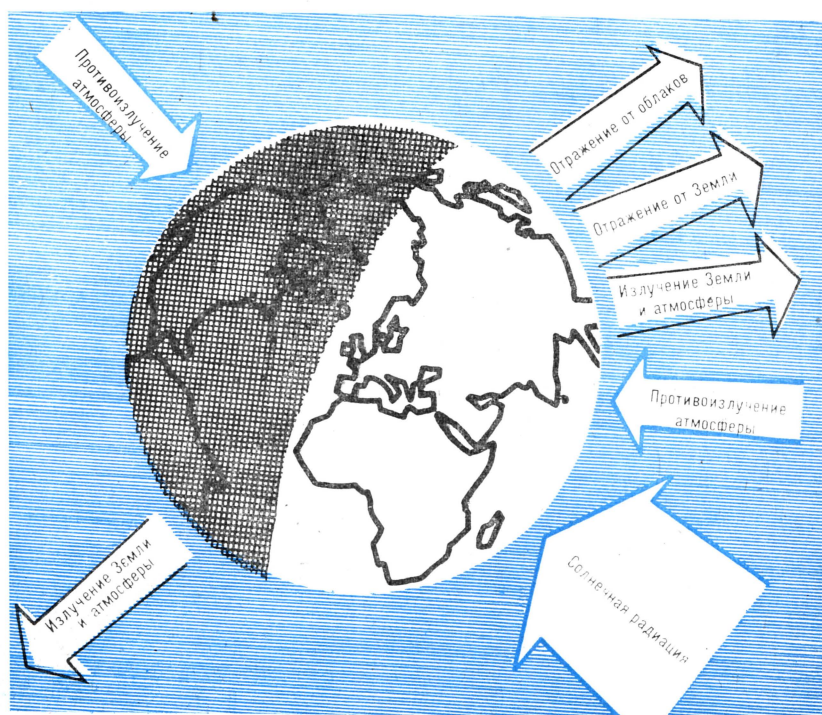
Сейчас разрабатываются гидродинамические модели для прогнозирования явлений погоды на срок от сезона до нескольких часов.

СИСТЕМА АТМОСФЕРА — ОКЕАН

Главный источник тепла в атмосфере только один. Это — Солнце. Но переход солнечной радиации в тепловую энергию и механическую энергию движения воздушных масс осуществляется несколькими способами. Самый важный из них — поглощение прямого солнечного излучения поверхностным слоем Мирового океана и континентов, которое зависит в основном от облачности атмосферы и альбеда подстилающей поверхности. Облака почти полностью отражают солнечную радиацию, а Мировой океан, если над ним нет облачности, поглощает большую часть этой радиации.

Поверхность океана и континентов, нагретая Солнцем, излучает в длинноволновом (инфракрасном) диапазоне. Это излучение частично поглощается водяным паром, озоном и углекислым газом атмосферы, частично уходит в мировое пространство. Если на пути распространения длинноволновой радиации находится облако, оно отражает радиацию на Землю, создавая «парниковый эффект».

В океане, покрывающем более 70% поверхности земного шара, постоянно возникают и исчезают циркуляции различного масштаба, формируются мощные планетарные течения и про-



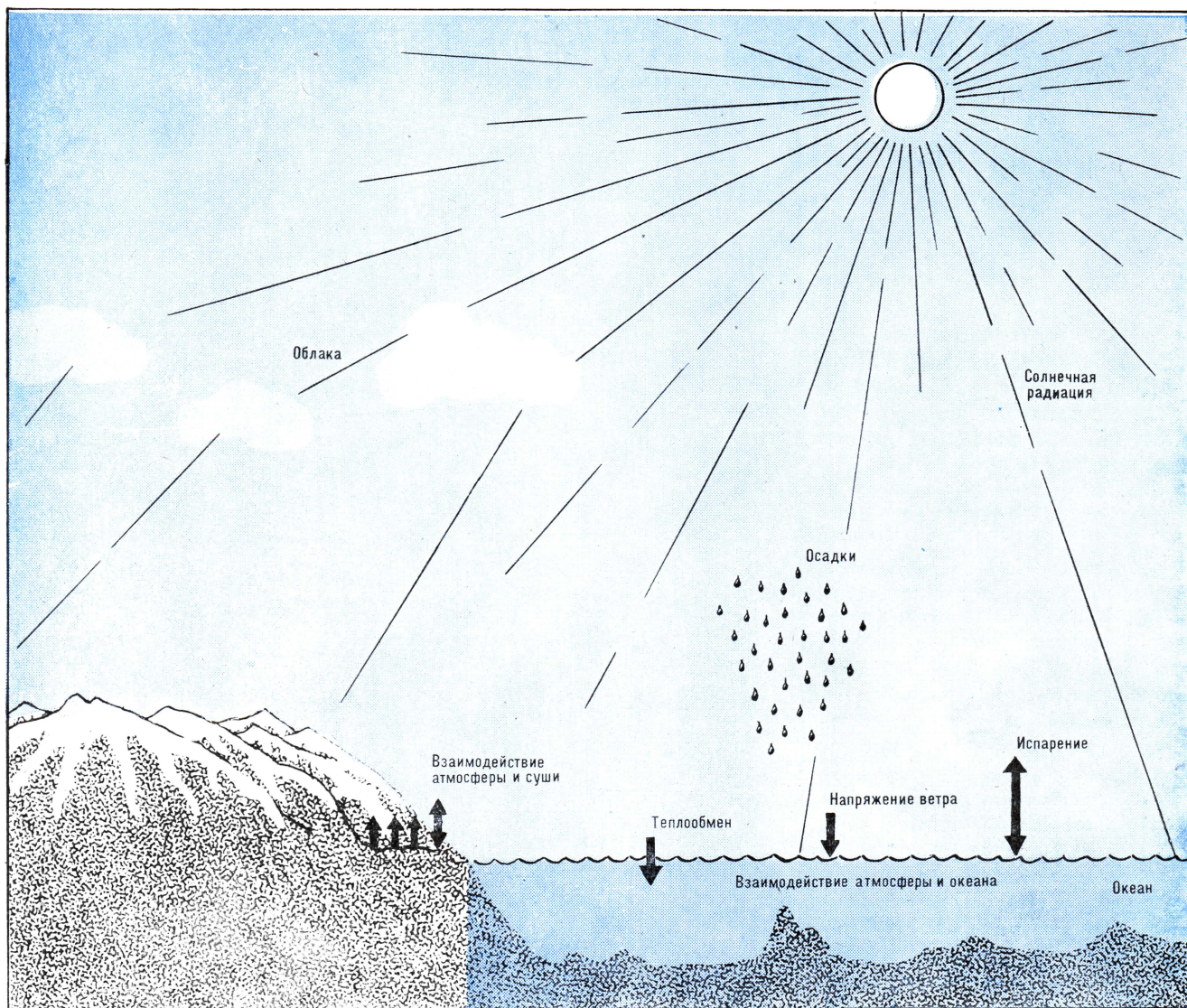
тивотечения, переносящие тепло и соли из одних районов в другие. Все эти процессы протекают в условиях постоянного взаимодействия океана с атмосферой («Земля и Вселенная», № 3, 1971, с. 17—24.— Ред.).

Прогретые в тропических и субтропических широтах воды доставляют полученное от Солнца тепло в полярные широты нашей планеты. Выделив его в атмосферу, охлажденные воды

возвращаются к экватору. Затем начинается новый термодинамический цикл гигантской тепловой машины, системы атмосфера — океан.

В общих чертах процесс формирования долговременных аномалий в погодных условиях можно представить следующим образом. Над районами Мирового океана образуются облачные системы, «регулирующие» приток тепла в его поверхностные слои. Если облачность меньше средней нормы, характерной для данного сезона и места, то она пропускает больше солнечного излучения и по-

Потоки лучистой энергии на дневной и ночной сторонах Земли



верхностный слой воды нагревается сильнее. Часть накопившегося в этом слое тепла излучается и подогревает атмосферу. Другая часть в результате вертикального перемешивания проникает на несколько сот метров в глубь океана. Если аномально низкая облачность устанавливается на длительный срок (до нескольких месяцев), то океан в этом районе прогревается весьма существенно и до больших глубин.

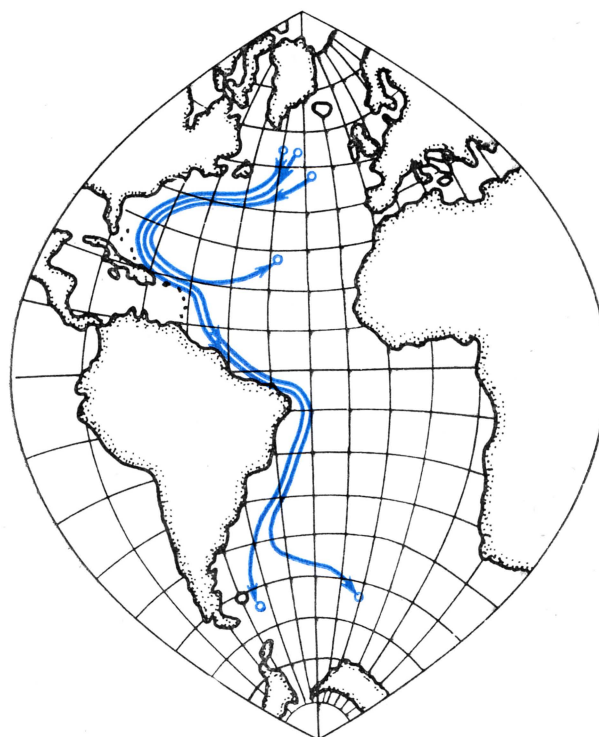
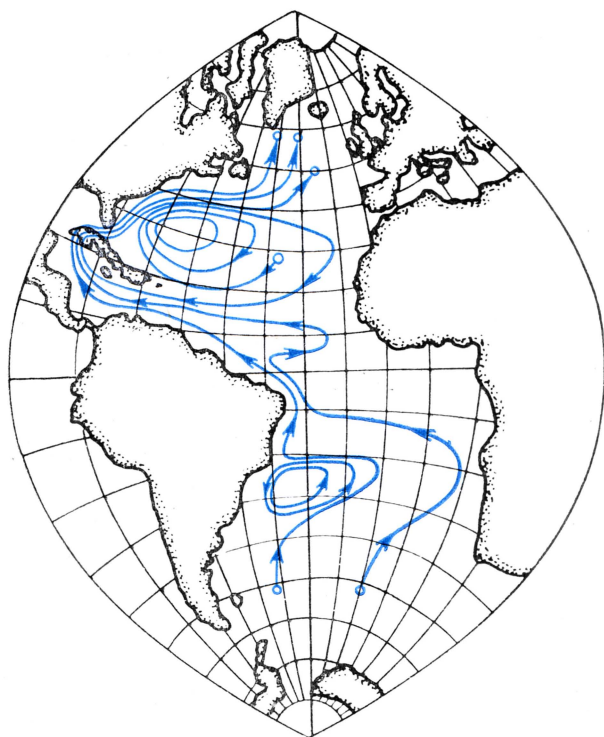
Сильно прогретые воды, которые переносятся течениями на север Атлантики и Тихого океана, достигают

широт, где в поверхностном слое под влиянием низких температур воздуха образуется зона вертикальной неустойчивости. В результате возникают мощные конвективные неупорядоченные движения, выносящие тепло из глубин океана в атмосферу. Область наиболее интенсивного теплообмена между океаном и атмосферой в Северной Атлантике располагается

Физические процессы, которые учитываются в модели динамики атмосферы

вблизи берегов Исландии, в Тихом океане — вблизи Алеутских островов. В южном полушарии эта область лежит у берегов Антарктиды.

Дополнительное тепло, выделяемое океаном в атмосферу, расходуется на прогревание воздуха данного региона. Из-за близости масс прогретого воздуха к массам полярного холодного воздуха в этих областях создаются аномально большие температурные контрасты. Они приводят к образованию мощных циклонов — крупномасштабных атмосферных вихрей, возникающих вследствие гори-



зонтальной неустойчивости (тепловой и динамической несовместимости) воздушных масс. Увлекаемые на восток планетарным течением умеренных широт циклоны переносят тепло на континенты, образуя там зоны аномального потепления.

Если учесть скорость течений в Атлантическом и Тихом океанах и удаленность зоны активного теплообмена, то окажется, что продолжительность всех перечисленных процессов примерно равна сезону. Значит, существенные температурные аномалии в океане могут влиять на погоду кон-

тинентов примерно через сезон. Речь здесь идет, разумеется, только о тех компонентах сезонных средних аномалий температуры, которые могут быть предсказаны на основе рассматриваемых связей. Таков один из механизмов формирования долговременных температурных аномалий,

■
Взаимосвязь поверхностной (а) и глубинной (б) циркуляции в Атлантическом океане. Белые кружки в начале и в конце линий — районы подъема глубинных и опускания поверхностных вод

который необходимо учитывать при прогнозировании условий погоды на сезон.

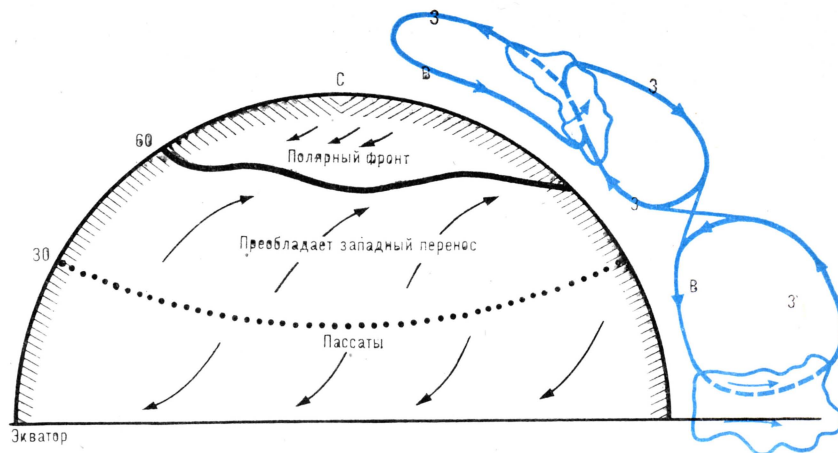
Сильный прогрев континентов прямой солнечной радиацией и последующее их остывание иногда так же, как и прогрев океана, приводят к существенным температурным контрастам и аналогичным преобразованиям динамики атмосферных процессов. В результате возникают значительные погодные аномалии. Однако время действия этого фактора для континентов, как правило, не превышает двух недель. Поэтому здесь

можно говорить о прогнозе погоды уже не на сезон, а только на срок не более месяца.

ОСОБЕННОСТИ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ

В моделях численного прогноза погоды на различные сроки — от сезона до 1-2 дней — необходимо учитывать некоторые особенности механизма, формирующего атмосферные процессы. Первая особенность выражается в том, что на гидродинамические процессы влияет вращение Земли. Воздушные массы, перемещающиеся под действием градиента давления, отклоняются кориолисовой силой и движутся не поперек, а вдоль изобар — линий равного давления. Отклонения движущихся воздушных масс от этих траекторий весьма малы, но именно они-то и ответственны за эволюцию метеорологических полей. Поэтому трудность при моделировании динамики атмосферы заключается в том, что, описывая течения в атмосфере, приходится иметь дело с очень малыми факторами.

Вторая особенность атмосферных (а также океанических) движений — более высокое давление на одних и тех же высотах в экваториальной зоне по сравнению с полюсами. Из-за градиента давления возникает планетарный ветер, скорость которого достигает максимума на уровне тропопauses. Этот ветер, называемый западно-восточным переносом атмосферы, играет важную роль в атмосферных процессах. Он увлекает за собой среднемасштабные (порядка 1000 км) возмущения и влияет на перемещения крупномасштабных возмущений.



Третья особенность связана с ярко выраженным турбулентным характером происходящих в атмосфере процессов. Турбулентные вихри различных масштабов (от циклона до тепловых молекулярных движений) постоянно возникают в атмосфере, когда основные движения теряют устойчивость. Оторвавшись от главного потока, турбулентный вихрь становится самостоятельным носителем определенного запаса энергии. А поскольку такой вихрь обладает значительной свободой перемещения в потоке, он мигрирует в системе и взаимодействует с главным потоком и другими вихревыми образованиями. В результате сложных эволюций вихрь теряет устойчивость и распадается на более мелкие вихревые образования. Этот процесс продолжается до тех пор, пока размер вихря не станет столь малым, что на него начнет оказывать действие сила молекулярной вязкости. Под ее влиянием вихрь рассеивается, а его кинетическая энергия расходуется на дополнительное на-

гревание атмосферы. Таким образом, здесь мы имеем дело с турбулентным каскадом непрерывно уменьшающихся по размеру вихрей.

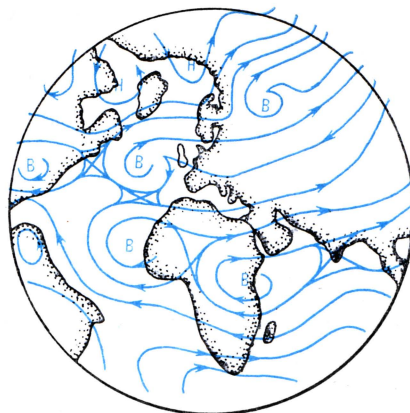
Однако в атмосфере действует и другой важный механизм развития турбулентности, который вызывает укрупнение вихрей. Этот процесс возникает в среде, где уже сформировался ансамбль вихрей не менее какого-то определенного размера. Взаимодействуя между собой, мелкие вихри при благоприятных условиях перестраиваются в устойчивый вихрь более крупного масштаба. Так возникает каскад укрупняющихся турбулентных вихрей.

На фоне усредненного течения в реальных атмосферных движениях происходит турбулентный обмен, в ходе которого осуществляются оба вида каскадного процесса. Знать этот механизм важно, так как именно благодаря турбулентности осуществляется взаимодействие атмосферы с океаном и континентами, а также обмен энергией и теплом между областями высоких и низких широт. Таким образом, атмосфера ведет себя, как турбулентная среда, но в то же время в ней происходят и упорядоченные движения.

ПРОГНОЗ НА ДВЕ НЕДЕЛИ

Одно из проявлений уже известного нам каскада энергетических превращений в атмосфере — это изменения погоды с периодом примерно

В общей циркуляции атмосферы можно выделить три зоны. Справа — усредненный по всем меридианам вертикальный разрез атмосферы (стрелки указывают вертикальные восходящие и нисходящие движения), Z и В — западный и восточный перенос. Восходящие движения воздуха вблизи экватора и в умеренных широтах создают благоприятные условия для образования облаков и выпадения осадков



две недели. Образуются новые циклонические вихри, и изменяется планетарная циркуляция на обширных территориях, охватывающих целые континенты. Эти «циклы погоды» связаны с тем, что в результате неравномерного нагревания воздуха в различных широтных поясах Земли в средних широтах накапливается потенциальная и тепловая энергия. Она переходит в кинетическую энергию горизонтальных вихрей с радиусом около 1000 км. Именно посредством таких вихрей примерно каждые две недели и осуществляется межширотный теплообмен в атмосфере.

Прогнозирование погоды на две недели — трудная задача. Почти в каждом случае необходимо предсказывать весьма значительные изменения погоды, которые могут произойти лишь спустя несколько дней после составления прогноза. Значит, модели должны описывать не только сам механизм развития неустойчивости, но также и процесс накопления энергии неустойчивости. А он, в свою очередь, связан со сложными радиационными процессами, фазовыми переходами влаги в почве, океане и атмосфере и с различными формами мелкомасштабной конвекции.

В последние 10 лет разработка численных моделей прогноза погоды на две недели шла по двум направлениям. В США Дж. Смагоринский и К. Миякода делали это на базе сложных моделей общей циркуляции атмосферы. В нашей стране, в Вычислительном центре Сибирского отделения АН СССР, создавались динамико-статистические модели атмосферы. Модели включали некоторые «источники энергии», задаваемые ап-

риорно по многолетним метеорологическим данным. В них учитывались и сложные неадиабатические процессы, и непреодолимые пока неточности уравнений модели и граничных условий, и неполнота начальных данных.

Однако прогнозы, составленные на основе указанных моделей (в США и в нашей стране), оказались успешными пока лишь на одну неделю. К тому же информативность таких прогнозов недостаточна. Опыт показывает, что динамико-статистическая модель при использовании ее для прогнозирования перестройки общей циркуляции атмосферы на 5—7 суток вперед способна слабо выделить лишь один район перестройки (по-видимому, главный). При этом часто страдает точность описания циркуляции в других районах. Однако модель имеет важное значение, поскольку аналогичных синоптических методов прогноза циркуляции на неделю вообще не существует.

КРАТКОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ

В задачах краткосрочного (до трех суток) прогноза явлений погоды для территорий порядка 1000 км в поперечнике допустимы значительные упрощения по сравнению с задачами долгосрочного и локального прогнозов, поэтому здесь к настоящему

■
Типичная картина общей циркуляции атмосферы на высоте примерно 9 км над уровнем моря. В и Н — центры высокого и низкого давления

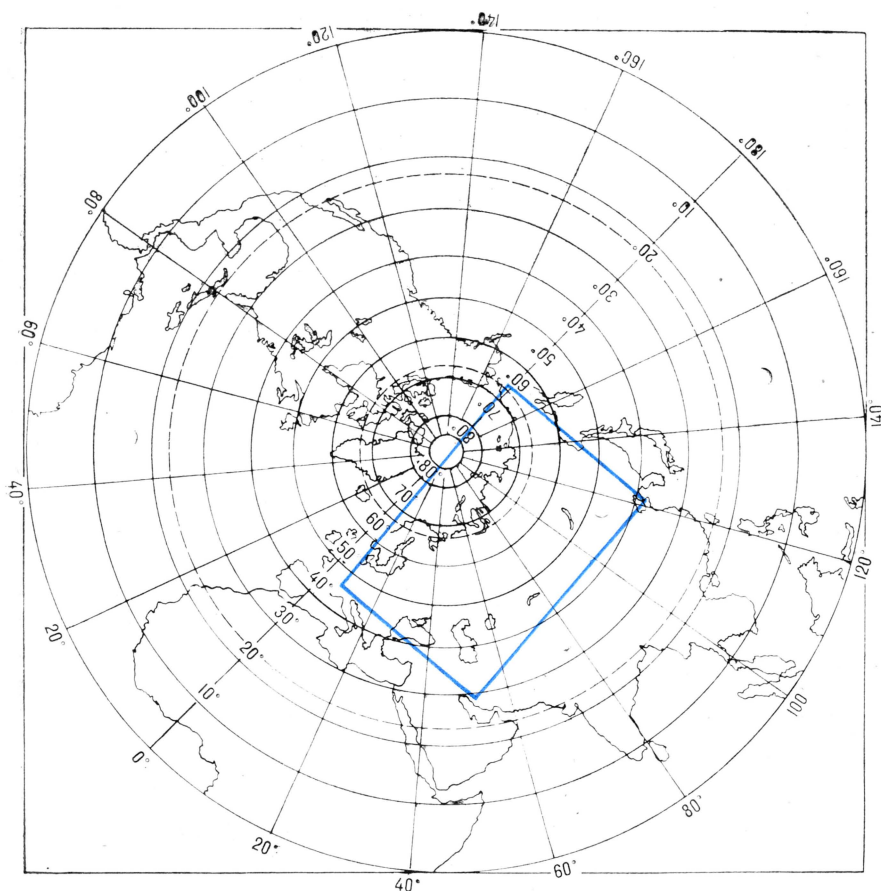
времени достигнут наибольший успех («Земля и Вселенная», № 5, 1968, с. 8—18.—Ред.).

Первая теория краткосрочного прогноза погоды, основанная на упрощенных уравнениях гидродинамики, была разработана в 1940 году советским метеорологом И. А. Кибелем. Хотя и в общих чертах, она все же давала возможность объективно описывать эволюцию атмосферных процессов при заданных начальных условиях.

В 50-х годах создаются более содержательные и обоснованные по своей физической постановке схемы краткосрочного прогноза погоды на основе бароклинических моделей. Бароклинические модели, учитывающие связь атмосферного давления не только с плотностью, но и с температурой воздуха, позволили поднять качество численных прогнозов до уровня прогноза опытного синоптика.

В 60-х годах для построения моделей прогноза погоды потребовалось решение более полных уравнений гидродинамики. Этому способствовали накопленный опыт оперативной работы, систематический анализ численных прогнозов и выявившиеся при этом недостатки моделей, а также прогресс в области вычислительной математики. Появились мощные ЭВМ, стали известны универсальные и эффективные методы решения сложных задач («Земля и Вселенная», № 1, 1973, с. 21—25.—Ред.).

В настоящее время в трех мировых метеорологических центрах (Москва, Вашингтон, Мельбурн) и региональных центрах (на территории СССР — Москва, Новосибирск, Ташкент, Хабаровск) дважды в сутки на высо-



копроизводительных ЭВМ рассчитываются оперативные численные краткосрочные прогнозы. Метеорологические центры обмениваются между собой фактической и прогностической информацией.

Технология оперативного составления численных краткосрочных прогнозов примерно такова. Численные прогнозы на срок до трех суток составляются для всего северного полушария. Следовательно, границы области прогноза проходят по экватору, где изменчивость метеозаэментов во времени относительно невелика. Поэтому можно принять, что начальные значения предсказываемых метеозаэментов в точках границы области прогноза сохраняются неизменными. Отсюда появляется возможность наперед задать предсказываемые величины на границе области (без них численное решение задачи краткосрочного прогноза невозможно вообще).

Полные уравнения гидро- и термодинамики решаются на сетках точек, которые покрывают карту полушария с шагом 300—500 км и, имея 6—8 уровней по вертикали, охватывают тропосферу и нижнюю стратосферу. В численных прогнозах метеозаэлементов, составленных с помощью «полусферных» схем, предсказываются характеристики погоды, ожидаемые в течение ближайших 2-3 дней на больших территориях полушария. Кроме того, предвычисленные величины метеозаэлементов в точках сетки исполь-

Для северного полушария в численной схеме прогноза погоды используется сферическая (географическая) система координат. Для расчета региональных прогнозов (регион выделен прямоугольником) используется декартова система координат. Значения метеозаэлементов на границах региона дает «полусферная» схема

зуются и как данные на «боковых» границах, необходимые для региональных прогнозов. Сетки с более высоким горизонтальным разрешением — порядка 100—300 км — позволяют рассчитывать региональные прогнозы на 24—48 часов для областей площадью примерно 8000×10 000 км. Этот прием, получивший название «телескопизации», существенно повысил качество региональных численных прогнозов.

Появившиеся теперь средства «общения» человека с ЭВМ в режиме «диалога» дают возможность синоптику активно вмешиваться в процесс обработки метеорологической информации. Он может вносить свои исправления в нестандартных ситуациях, когда ЭВМ не в состоянии правильно интерпретировать данные какой-либо наблюдательной станции. Используя снимки облачности со спутников, а также знание хода процессов и свой профессиональный опыт, синоптик может даже вводить информацию непосредственно в точки расчетной сетки для районов, где проводилось мало наблюдений. Все это существенно повышает качество численных прогнозов погоды, и теперь синоптики берут их за основу в своей оперативной работе.

Численные методы, применяемые в схемах краткосрочного прогноза погоды, доведены до такого совершенства, что дальнейшее уточнение вычислительного процесса путем уменьшения шагов сетки или повышения порядка аппроксимации уже не приводит к качественному изменению прогноза. Для прогресса в этой области необходимо, во-первых, улучшить качество начальной метеороло-

тической информации и, во-вторых, более детально учитывать основные физические факторы, включаемые в модель: турбулентность, радиацию, фазовые переходы влаги, теплообмен с почвой и т. д.

Успехи, достигнутые в численных краткосрочных прогнозах погоды, позволили подойти еще к одной задаче — локальному прогнозу. Основы его были заложены в работах советских метеорологов А. А. Дородницына и И. А. Кибеля. В схемах этого прогноза на фоне крупномасштабных явлений учитываются, например, мелкомасштабные особенности рельефа, характер подстилающей поверхности, водоемы. Локальные прогнозы составляются для областей площадью 300×300 км с шагом 10 км на 6, 12, 24 часа. В них описываются особенности погоды, практически интересующие каждого человека: облачность, температура воздуха, ветер, осадки. Эти прогнозы, конечно, потребуют подключения дополнительной информации о явлениях и процессах мелкомасштабного характера и создания специальных методов ее обработки.

О ДОЛГОСРОЧНОМ ПРОГНОЗЕ

Мы рассказали о численном прогнозе погоды на срок от двух недель до нескольких часов. А можно ли прогнозировать погоду на более длительное время, например, на сезон или на месяц?

В Вычислительном центре Сибирского отделения Академии наук СССР разработана математическая теория прогноза погоды сроком на сезон. В ней используется аппарат преобразованных, или «сопряженных»,

уравнений гидродинамики и специальным образом построенная теория возмущений атмосферных движений.

Впервые модель численного прогноза погоды на срок до месяца была сформулирована еще в 1943 году Е. Н. Блиновой на основе решения упрощенного уравнения переноса вихря. По этой модели, в дальнейшем существенно доработанной, уже около 15 лет систематически составляются среднемесячные прогнозы некоторых элементов погоды для всего северного полушария. Однако эта модель значительно упрощает и схематизирует реальные процессы. В настоящее время построены более полные модели, учитывающие приток тепла, а также некоторые элементы взаимодействия атмосферы с поверхностью континентов и океана.

Одно из перспективных направлений в создании теории прогноза погоды на месяц и более — численное моделирование с помощью системы уравнений гидродинамики процессов и движений, происходящих в атмосфере и океане («Земля и Вселенная», № 4, 1967, с. 11—16; № 6, 1973, с. 21—29.— Ред.). Здесь учитываются взаимодействия процессов и движений в этих средах, а также вращение Земли, реальное распределение материков и океана, неровности земной поверхности, взаимодействие процессов различных временных и пространственных масштабов.

ОСНОВА ДОСТОВЕРНОСТИ ПРОГНОЗА

Для совершенствования существующих методов прогноза погоды необходима как можно более полная

метеорологическая информация со всего земного шара. Однако из 800 пунктов, дающих сейчас оперативную аэрологическую информацию, 700 находятся в северном полушарии. Да и расположены они крайне неравномерно: сеть их, достаточно густая в Европе и Северной Америке, редка на других континентах, особенно в малообжитых районах (пустыни, горы). Почти полностью отсутствуют регулярные данные с акватории Мирового океана. Таким образом, специалисты не имеют необходимой метеорологической информации более чем о двух третьих поверхности земного шара. Между тем качество прогнозов, особенно долгосрочных, зависит от сведений о состоянии всей атмосферы и Мирового океана. Поэтому без коренных изменений в организации получения метеорологической информации даже самые полные и физически обоснованные схемы прогноза не могут в настоящее время существенно повысить его качество.

Получение достаточной для гидродинамических моделей метеорологической информации настолько важно для развития физики атмосферы, теории климата и прогноза погоды, что Всемирная метеорологическая организация (ВМО) совместно с Международным советом научных союзов (МСНС) приняла решение о проведении с 1978 года обширной программы глобальных исследований атмосферы. В соответствии с этой программой в атмосферу будут запущены метеорологические спутники, в различные районы Мирового океана выйдут научно-исследовательские суда, будут организованы новые станции атмосферного зондирования. Советский Союз принимает активное участие в подготовке этих экспериментов. Выполнение программы глобальных исследований атмосферы даст ценнейший научный материал, который позволит проверить модели общей циркуляции атмосферы и прогноза погоды и поможет исследователям создать и развить более совершенные гидродинамические теории.



Доктор физико-математических наук
Г. Н. ПЕТРОВА

Характерные особенности магнитного поля Земли

ГИПОТЕЗЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Магнитное поле Земли стало известно людям несколько столетий назад. К началу XVII века ученые выявили его характерные особенности, к концу XIX — научились описывать их математически, а в первой половине XX века появилось множество гипотез о происхождении магнитного поля Земли. Гипотезы эти основывались на совершенно различных физических представлениях. Одни исходили из предположения, что намагниченность железо-никелевого ядра Земли связана с ферромагнитными свойствами его состава. Согласно другим гипотезам, геомагнитное поле возникло на ранней стадии жизни Земли, возможно, в результате какого-то внешнего воздействия и с тех пор постепенно ослабевает. Предполагалось также, что существуют некие фундаментальные законы, в силу которых вращающееся тело обладает магнитным полем, а величина и направление этого поля зависят от скорости и направления вращения. Вводились дополнительные коэффициенты в известные формулы электростатики и магнитостатики. Эти коэффициенты давали столь малый эффект, что его нельзя было проверить на опыте, однако с учетом размеров Земли они оказывались достаточными для того, чтобы магнитное поле могло возникнуть.

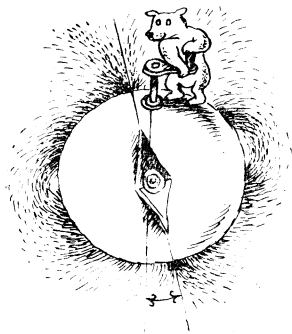
Наиболее упорно в первой половине XX века разрабатывались гипотезы вращающихся зарядов. Они сводились к тому, что избыточный электрический заряд на поверхности Земли, участвуя в суточном вращении,

Современные достижения науки о земном магнетизме позволили создать подробную модель магнитного поля нашей планеты.

создает магнитное поле. Однако реальный избыточный заряд оказывался недостаточным для создания магнитного поля, и тогда исследователи направили усилия на отыскание источников дополнительного разделения зарядов внутри Земли. Теории выдвигались одна за другой. Их многообразие, очевидно, было связано с недостатком фактического материала. А это давало свободу для самых различных предположений.

Во второй половине нашего столетия геофизика шагнула далеко вперед, но, пожалуй, ни в одной из геофизических наук не произошло таких больших и принципиальных изменений, как в науке о земном магнетизме. Этот перелом связан с развитием измерительной техники. Чувствительность и точность современной аппаратуры позволяют изучать явления с такой детальностью, которая казалась невозможной еще каких-нибудь двадцать лет назад. Автоматизированная аппаратура обеспечивает непрерывные измерения различных компонентов геомагнитного поля, а обработка данных, на которую раньше уходили годы, теперь занимает с помощью ЭВМ считанные минуты. Развитие морской и аэромагнитной съемки значительно пополнило сведения о магнитном поле Земли, а изучение его из космоса дало принципиально новые данные.

Наиболее важную роль в развитии геомагнетизма сыграли новые направления этой науки, позволившие «прочитать» историю геомагнитного поля за миллиард лет, — палеомагнетизм и археомагнетизм («Земля и Вселенная», № 3, 1966, с. 42—50. — Ред.). Известно, что все вещества так или иначе намагничиваются в присутствии магнитного поля, но только ферромагнетики способны частично сохранять приобретенную намагниченность после прекращения действия поля. Намагниченность ферромагнетиков — ее величина и стабильность — зависит не только от намагничивающего поля и свойств данного ферромагнетика, но и от условий, в которых происходит намагничивание. Чем меньше намагничивающее поле, тем большую роль играют внешние условия. И среди них наиболее существенный фактор — температура. Породы, излившиеся на поверхность Земли при температуре 800°С и выше (важно, чтобы эта температура превышала точку Кюри) и остывшие в магнитном поле до обычных (атмосферных) температур, приобретают термоостаточную намагниченность. Ее не могут разрушить даже магнитные поля, в десятки и сотни раз превышающие земное поле. Эта намагниченность сохраняется в породе до тех пор, пока не разрушатся сами ферромагнитные зерна. По ней мы и узнаем величину и направление магнитного поля Земли в те отдаленные времена, когда шел процесс образования породы. Сведения о геомагнитном поле за последние тысячелетия дают нам и археологические раскопки. Изделия из обожженной глины — печи, кирпичи,



черепица, посуда — сохранили и донесли до нас «магнитную информацию». Возраст породы магнитологи определяют геологическими и радиометрическими методами, а возраст керамических изделий — по историческим документам.

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

В первом приближении **магнитное поле Земли — это поле диполя** или поле однородно намагниченной сферы. Магнитный момент Земли составляет $8,17 \cdot 10^{25}$ электромагнитных единиц. Напряженность поля на экваторе 0,3 Э. на полюсах 0,6 Э. Это очень слабое поле (обычный магнит, используемый в школьных физических кабинетах, имеет у своих полюсов несколько десятков эрстед). Дипольное поле обладает азимутальной симметрией: магнитные меридианы идут от одного магнитного полюса к другому по дугам большого круга, как и географические меридианы, а магнитные широты — параллельно магнитному экватору.

Пять элементов геомагнитного поля включают три составляющие напряженности магнитного поля — северную X , восточную Y и вертикальную Z (горизонтальная составляющая H вычисляется по формуле: $H = \sqrt{X^2 + Y^2}$), магнитное склонение D (угол между магнитным и географическим меридианами) и магнитное наклонение I (угол между полным вектором геомагнитного поля и его проекцией на горизонтальную плос-

кость). Наклонение I связано с геомагнитной широтой φ соотношением:

$$\operatorname{tg} I = 2 \operatorname{tg} \varphi.$$

Рассматривая карты магнитных изолиний (линий одинакового значения магнитных элементов), мы замечаем, что **магнитные полюсы сдвинуты относительно географических**. Отсюда и определяется наклон магнитной оси к оси вращения Земли ($11,5^\circ$).

На земном шаре есть области, где реальное магнитное поле отличается от дипольного. Это — мировые или континентальные магнитные аномалии, названные так потому, что простираются на несколько тысяч километров и соизмеримы с площадью континентов. Две такие аномалии — положительная и отрицательная — расположены в северном полушарии, две другие — в южном, а одна — на экваторе. Мировые аномалии нельзя считать искажениями дипольного поля за счет неоднородностей строения земной коры и мантии: если сравнить карты магнитных аномалий, составленные по съемкам разных лет, то можно заметить, что центры аномалий, а также вся картина изолиний смещаются к западу. Это — **западный дрейф геомагнитного поля**. Скорость его $0,2^\circ$ в год. Естественно, что ни в одной оболочке Земли, кроме жидкого ядра, не может происходить перемещение вещества с такой скоростью. Значит, мировые аномалии связаны с жидким ядром и являются органической частью главного геомагнитного поля, генерируемого в жидком ядре.

Магнитное поле Земли имеет два полюса: южный расположен у берегов Северной Америки ($\varphi \sim 72^\circ$ с. ш., $\lambda \sim 96^\circ$ з. д.), северный — вблизи

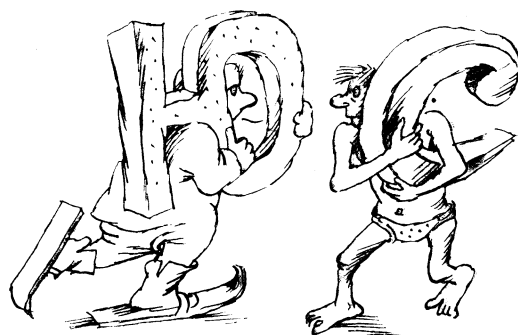
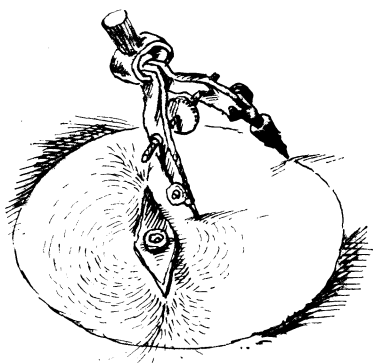
Антарктики ($\varphi \sim 70^\circ$ ю. ш., $\lambda \sim 150^\circ$ в. д.). То, что в северном полушарии находится южный полюс, а в южном — северный, не имеет глубокого физического смысла. Это просто терминологический ляпсус: полюсы постоянных магнитов получили свое название раньше, чем стали известны законы магнитостатики, и «северным» был назван конец магнита, указывающий на географический север. Когда мы говорим «северный геомагнитный полюс», то подразумеваем не северный магнитный полюс, а магнитный полюс, расположенный в северном полушарии.

Поскольку магнитные полюсы Земли не диаметрально противоположны друг другу и напряженность поля вдоль магнитного экватора неоднородна (она несколько больше на долготах $120-150^\circ$ в. д.), **геомагнитное поле асимметрично**. Если подобрать диполь, поле которого ближе всего к реальному полю на земной поверхности, то он не совпадет с геометрическим центром Земли. Центр такого диполя, обычно называемого магнитным центром Земли, смещен от геометрического центра Земли примерно на 400 км в сторону юго-западной части Тихого океана.

Палеомагнитные исследования привели к одному очень важному открытию. Оказывается, геомагнитное поле время от времени изменяет свою полярность. При одном и том же положении геомагнитной оси **магнитные полюсы могут меняться местами**. Такие «переполюсовки», или,

Геомагнитная ось наклонена к оси вращения Земли на $11,5^\circ$

Западный дрейф геомагнитного поля. Вся картина изолиний смещается к западу



как их называют, инверсии («Земля и Вселенная», № 5, 1976, с. 53—56.—Ред.), в истории Земли совершались, по-видимому, неоднократно. Но в одни геологические эпохи они происходили каждые 200—500 тыс. лет, в другие — геомагнитное поле сохраняло одну и ту же полярность в течение десятков миллионов лет. Частота этих инверсий изменялась с периодом около 250 млн. лет. Палеомагнитологи обнаружили связь инверсий с тектонической деятельностью, с интенсивностью процессов горообразования.

Ученым удалось воспроизвести последовательность событий во время инверсий. Сначала величина магнитного момента Земли резко уменьшается (примерно в 5—10 раз), на фоне пониженного поля магнитный полюс перемещается из одного полушария в другое. Возможно, что на самом деле происходило не перемещение полюса, а распад осевого дипольного поля, и возникали кратковременные магнитные поля радиального направления. Инверсия длится несколько десятков тысяч лет, после чего восстанавливается осевое дипольное поле, но оно имеет уже другую полярность.

Полюс во время инверсии может оказаться в любом месте на поверхности земного шара. Однако палеомагнитные данные показывают, что существуют области, где во время инверсии полюсы появляются заметно чаще, чем в других местах.

Геомагнитное поле подвержено ха-

■ *Магнитный центр Земли сдвинут по отношению к геометрическому центру примерно на 400 км в юго-западную часть Тихого океана*

рактерным изменениям — **вековым вариациям** («Земля и Вселенная», № 6, 1975, с. 18—24.—Ред.). Они охватывают широкий спектр колебаний, в котором можно выделить периоды 10,5; 20; 60; 500—600; 900—1000; 8000; 150 000 лет. Колебания с периодом 8000 лет одинаковы и синхронны по всей Земле: с таким периодом изменяется земной магнитный момент. Для колебаний с периодами 500—600 и 900—1000 лет, происходящих синхронно в областях, соизмеримых с мировыми аномалиями, характерен западный дрейф. Колебания с периодом 60 лет имеют меньшую амплитуду и менее четко выраженный западный дрейф. Колебания с периодом 150 000 лет обнаружены недавно палеомагнитными методами и пока изучены недостаточно.

За последние 500 лет геомагнитное поле не претерпело существенных изменений. Число мировых аномалий осталось тем же. Интересно, что несмотря на западный дрейф, который археомагнитологам удалось проследить за 2000 лет, центры мировых аномалий и центры векового хода не сместились. Значит, хотя процессы, обуславливающие мировые аномалии и вековые вариации, протекают в жидком ядре, причины, вызывающие эти процессы, жестко связаны с мантией, а точнее, с областями у границы раздела ядро — мантия.

За 100 млн. лет напряженность поля не изменилась и лишь колеблется в пределах, обусловленных вариациями магнитного момента Земли. Отклонение реального поля от дипольного осталось тем же самым. Несколько большее значение недипольной части геомагнитного поля древ-

них пород, вероятно, вызвано методическими ошибками. Для древних пород труднее учесть вторичные наслоения намагнитченности. Если к этому добавить, что породы разных регионов имели еще и различную тектоническую историю, то становится понятно, что частичное изменение намагнитченности во время тектонических процессов может носить региональный характер. В этом случае искажение магнитного поля будет таким же, как и при наличии недипольных компонентов.

Асимметрия геомагнитного поля тоже, оказывается, устойчива. От эпохи карбона до нашего времени магнитный центр остался сдвинутым в том же направлении и примерно на ту же самую величину. Это, возможно, связано с тем, что внутри Земли, в ее ядре, имеется существенная неоднородность.

ИСТОЧНИК ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Характерные особенности геомагнитного поля представляют ценнейший материал для теории геомагнитного поля. Во-первых, магнитное поле, обладающее всеми этими характеристиками, должно генерироваться непрерывно. Об этом говорят инверсии и последующее восстановление поля. Во-вторых, оно должно быть обусловлено движениями, достаточно быстрыми (периоды вековых вариаций). Однако суточное вращение Земли не может создать геомаг-

■ *Инверсия геомагнитного поля. При одном и том же положении геомагнитной оси полюсы могут меняться местами*

читное поле, поскольку возможны два противоположных направления земного магнитного момента. Геомагнитное поле лишь управляется суточным вращением, так как геомагнитная ось близка к оси вращения. Роль суточного вращения подтверждается и тем, что магнитные моменты тел Солнечной системы — Юпитера, Земли, Марса, Венеры, Луны — пропорциональны объему жидкого ядра и скорости суточного вращения этих небесных тел.

Единственный процесс, способный создать наблюдаемое на поверхности Земли знакопеременное поле с колебаниями типа вековых вариаций, — это некое подобие динамо-машины («Земля и Вселенная», № 4, 1977, с. 24—29. — Ред.). Механизм динамо, действующий в земном ядре, носит название **гидромагнитного динамо**. Основан он на взаимодействии двух типов магнитных полей и двух типов

движений — суточного вращения и конвективных вихреобразных перемещений вещества в жидком ядре. Магнитные поля — это, во-первых, магнитное поле, которое мы наблюдаем на поверхности Земли, а во-вторых, два замкнутых кольца силовых линий (северное и южное), параллельных экватору. Направление кругового магнитного поля северного кольца противоположно направлению южного. Взаимодействие внешнего поля с суточным вращением порождает тороидальное (внутреннее) поле, а взаимодействие конвективных вихрей с тороидальными полями создает внешнее поле. Система эта замкнутая, при неизменных физических параметрах очень устойчивая (после каждой инверсии происходит полное восстановление поля со всеми его характеристиками, хотя и с другим знаком). Для работы динамо-механизма необходимо, чтобы присутствовали

все рассмотренные виды движения и какое-то начальное поле. В качестве последнего может служить межпланетное магнитное поле.

Предположение о работе такого механизма в ядре Земли ведет к довольно четким представлениям о ядре и происходящих в нем процессах. Ясно, что в нем происходят конвективные движения. Можно установить пределы скоростей этих движений и некоторых физических постоянных самого ядра (электропроводность, вязкость). Судя по неизменности характеристик геомагнитного поля, резонно предположить, что за миллиард лет ядро не претерпело существенной эволюции.

Развитие идей динамо-механизма дало за последнее время много новых и важных сведений. Оно помогает проникнуть в тайны строения Земли и процессов, происходящих в ее глубинах.



ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО УРОВНЮ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Активная деформация земной коры в области очага готовящегося землетрясения изменяет давление в жидкой подземной среде, что приводит к изменению уровня воды в скважине. На этом явлении и основывается гидрогеодинамический спо-

соб прогнозирования землетрясений, предложенный академиком М. А. Садовским (Институт физики Земли АН СССР) и сотрудниками Сахалинского комплексного научно-исследовательского института Дальневосточного научного центра АН СССР Ф. И. Монаховым и А. Н. Семеновым.

С ноября 1976 года на курильском острове Кунашир проводятся одновременные наблюдения сейсмической деятельности и уровня воды, измеряемого в трех скважинах. Установлено, что за несколько дней до землетрясения уровень воды во всех скважинах падает, во время землетрясения он либо остается минимальным, либо начинает подниматься. Промежуток времени между началом падения уровня и землетрясением зависит от эпицентрального расстояния и, вероятно, от магнитуды. При равных магнитудах этот

промежуток сокращается с ростом эпицентрального расстояния.

Гидрогеодинамические предвестники можно использовать для прогнозирования не только времени, но и места готовящегося землетрясения. Если наблюдения проводить в скважинах, удаленных одна от другой на сотни километров, то падение уровня начнется раньше в ближайших к эпицентру скважинах. Система таких скважин позволит зафиксировать положение очага будущего землетрясения.

Сотрудники сейсмических станций «Южно-Курильск» и «Южно-Сахалинск» сделали попытку дать прогноз землетрясений по гидрогеодинамическим предвестникам. Она оказалась успешной: землетрясения удалось предсказать с точностью до 1—2 дней.

«Доклады АН СССР», 236, 1, 1977.



Руководитель Координационного
центра по проблемам изучения
Мирового океана стран — членов
СЭВ
доктор географических наук
А. А. АКСЕНОВ

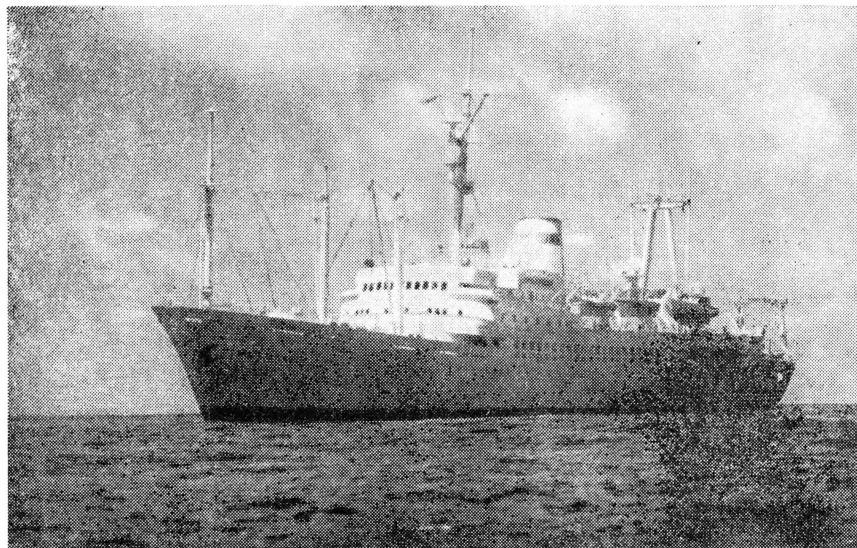
Международное сотрудничество в изучении морей

Ученые пяти социалистических стран — членов СЭВ совместно трудятся в области морских исследований. За шесть лет активной работы получены интересные научные и практические результаты по физике, биологии, химии и геологии морей.

СОГЛАШЕНИЕ О СОТРУДНИЧЕСТВЕ

Исследования природы океанов и морей для рационального использования их богатств составляют одну из важных частей научной программы изучения Земли. Существует немало международных организаций, которые регулируют сотрудничество различных стран по проектам и программам, выдвинутому Межправительственной океанографической комиссией. Она учреждена в рамках ЮНЕСКО и организует международные исследования по различным проблемам использования Мирового океана. Эти исследования контролируются и другими организациями, например, региональными советами по изучению морей, Международным советом научных союзов. Большая исследовательская работа принесла и приносит важные результаты. За последние 20 лет, прошедшие с начала Международного геофизического года, в Мировом океане сделаны фундаментальные открытия. Они существенно изменили прежние представления не только о природе океана, но и об эволюции нашей планеты.

В конце 1971 года ученые пяти социалистических стран — членов СЭВ заключили соглашение о сотрудничестве в изучении морей. В совмест-



ных исследованиях участвуют около 40 научных учреждений Германской Демократической Республики, Болгарии, Польши, Румынии и Советского Союза. Программы сотрудничества утверждает ежегодно Совет уполномоченных, состоящий из представителей стран-участниц соглашения, а научно-организационную работу ведет Координационный центр — Институт океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР.

Программы национальных исследований, выполняемых в каждой стране, увязываются с планами международ-

ного сотрудничества. Такой способ проведения совместных работ оказался весьма эффективным — об этом говорят решения, принимаемые ежегодными сессиями СЭВ.

НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Совместные работы ведутся по нескольким основным направлениям. В области **физики моря** осуществлены интересные эксперименты в Балтийском море. Они дали новые сведения о физических процессах. Эти сведения послужили основой для построения модели взаимодействия моря и атмосферы в прибрежной мелководной зоне. Практика показала, что из-за сложности энергетического взаимодействия между морем и атмосферой в этой зоне нельзя ограничиваться только теоретическими ме-

Научно-исследовательское судно «Дмитрий Менделеев». В экспедициях на этом судне регулярно принимают участие океанологи социалистических стран

тодами исследования — нужны комплексные эксперименты.

Очень важная в практическом отношении задача — это изучение турбулентной диффузии примесей в морской воде. В различных районах побережья в море сбрасывают промышленные отходы, не учитывая, что естественные процессы самоочищения не могут предотвратить вредного влияния искусственных загрязнений. Совместными усилиями были созданы методы и аппаратура для измерения распространения примесей и разработан надежный метод расчета этого процесса.

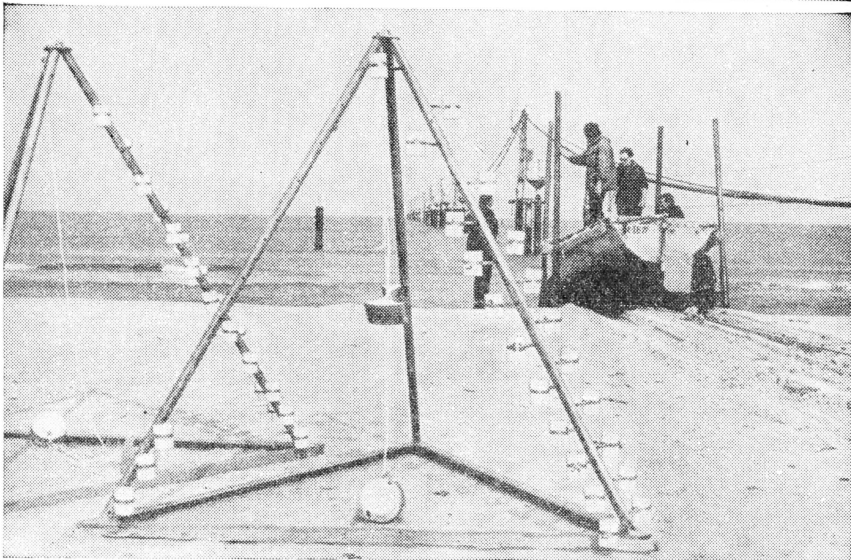
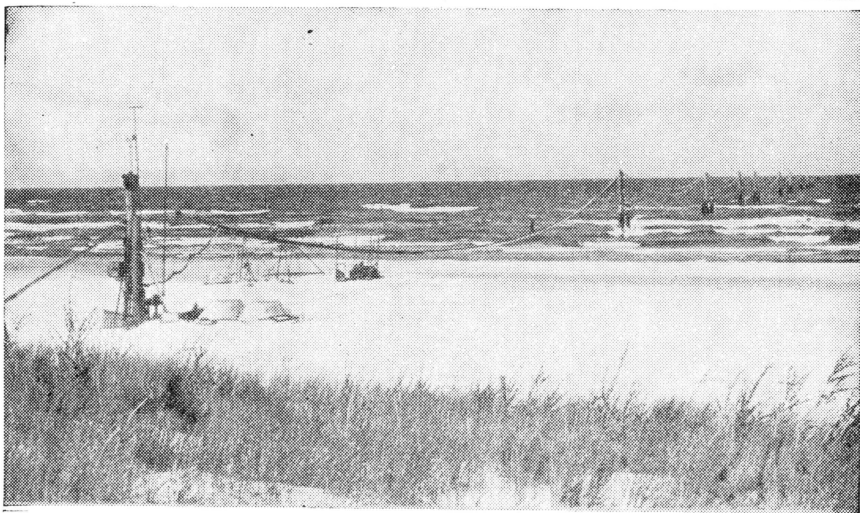
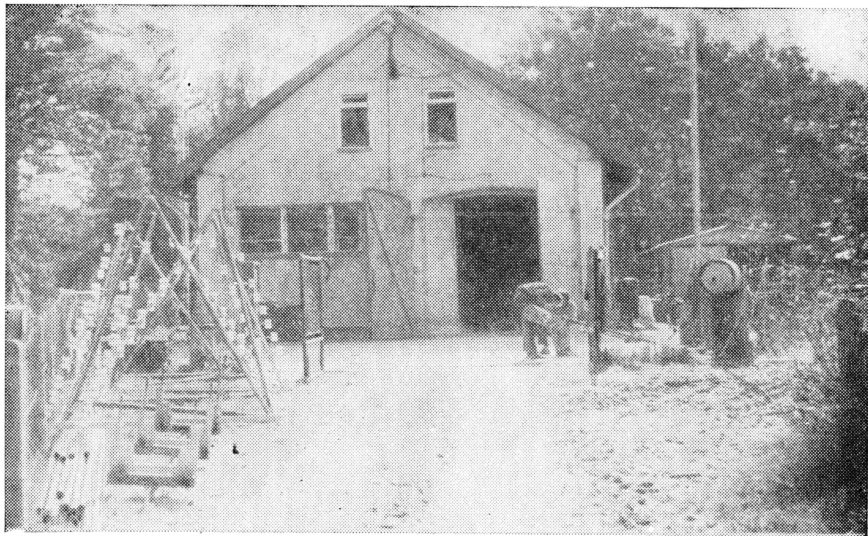
Специалисты, занимающиеся физикой моря, обобщили полученные результаты о режиме Черного и Балтийского морей и подготовили две монографии: «Очерки по физике Балтийского моря» и «Очерки по физике и химии Черного моря».

Второе направление совместных работ — **биология моря**. Это, прежде всего, исследование биологической продуктивности Балтийского и Черного морей. Оно помогает рационально

■
Береговая лаборатория Института водного строительства Польской академии наук в Любятове

■
Станция Любятowo. В море установлены опоры для размещения приборов. Информация передается по кабелю в береговую лабораторию

■
Прибор для измерения количества взвешенных наносов во время шторма. На раме укреплены батометры-накопители взвесей. Такие рамы устанавливаются на дно до глубины около 20 м



организовать рыбный промысел и прогнозировать места скопления и движение косяков рыб. Подготовлена монография об основах биологической продуктивности Черного моря.

Очень интересные биологические исследования начаты год назад. Предполагается тщательно изучить фитопланктон и зоопланктон, сложные процессы взаимодействия организмов фитопланктона и окружающей среды, потребление кислорода организмами. По интенсивности фито- и зоопланктона как основной пищи для промысловых рыб определяют районы скопления рыбы. Зная эти районы, можно рационально организовать промысел. Развитие этого направления исследований позволит в будущем перейти к искусственному регулированию биологической продуктивности моря.

Много полезного сделано и в изучении **химии моря**. Наиболее важное достижение — это создание единой методики для аналитического определения загрязнения моря нефтепродуктами, тяжелыми металлами, пестицидами, различными промышленными отходами. Если раньше из-за различия методики в одних и тех же пунктах получали совершенно различные данные по загрязнению, то теперь методы химических анализов унифицированы. На основе этой унификации подготовлено руководство для измерения загрязнений морской воды. А до создания такой унификации выполнены совместные экспериментальные работы. Значение их огромно, особенно теперь, когда проблема загрязнения моря столь злободневна.

Геология моря — важная отрасль

мореведения. Здесь тоже немало достижений. Начата подготовка унифицированной стратиграфической шкалы (колебания уровня, продолжительность стадий геологического развития) для Балтийского моря. Представления ученых Прибалтийских стран о геологической истории Балтики до недавних пор были совершенно различными. Объясняется это тем, что, изучая только свое побережье, ученые экстраполировали полученные данные на геологию всей Балтики. Но теперь уже удалось связать представления об эволюции Балтийского моря как целого с местными вертикальными движениями побережья, изучаемыми в каждой стране. В этом помогли специальные исследования рельефа дна и осадков, проведенные на нескольких полигонах. Геологическая история Балтики будет прочтена не только по береговым террасам, но и по строению донных отложений.

Различные экспедиции работали на шельфе Балтийского и Черного морей у побережья ГДР, Польши и Болгарии. Кроме общегеологических они провели ряд исследований, позволивших оценить подводные россыпи тяжелых металлов. Минералы титана (ильменит, рутил) и циркон широко используются в металлургической промышленности, а их основные мировые месторождения — прибрежные россыпи. Правда, крупных месторождений тяжелых минералов не обнаружили, зато оригинальная советская аппаратура, основанная на измерении естественной радиоактивности, оказалась в высшей степени эффективной для специальной съемки таких россыпей на больших площадях за короткое время.

Среди всех работ, выполненных в рамках соглашения, наиболее высокую оценку специалистов получили совместные эксперименты, проведенные на станции Института водного строительства Академии ПНР в Любятове. Здесь изучали физику и геологию моря. Дважды в осенние месяцы 1974 и 1976 годов измерялись параметры волн и течений, а также характеристики движения наносов в зоне побережья на глубине до 20 м. Раньше подобные эксперименты проводились лишь в лаборатории. В Любятове впервые в естественных условиях получены сведения о наносах в береговой зоне. Оказалось, что на глубине до 20 м располагается мощный слой взвеси, который не был **предсказан** никакими теориями. Получены эмпирические зависимости между движением наносов и параметрами волн и течений и впервые обнаружены перемещения взвеси в придонной части на больших глубинах. Научные результаты такого рода — огромное достижение, поскольку они служат основой для практических расчетов в морской гидротехнике.

В 1973 и 1974 годах советские и болгарские специалисты (при участии ученых ГДР, ПНР и СРР) провели два цикла исследований с подводной лабораторией «Черномор» («Земля и Вселенная», № 1, 1977, с. 72—74.— Ред.) и обеспечивающего судна «Академик Орбели». На судне были установлены компрессоры и барокамера для накачки газовых баллонов, используемых на «Черноморе». В программу исследований входили точные гидрооптические и другие физические измерения. Серия физиологиче-

ских и психо-физиологических экспериментов послужила для изучения самочувствия и работоспособности исследователей во время подводных работ. Важный общий результат — создание единых в рамках СЭВ правил проведения подводных работ.

ПРОГНОЗ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Чтобы наиболее успешно организовать сотрудничество и выявить тематику наиболее интересных для всех стран-участниц работ, в Координационном центре разработан прогноз научных исследований океана. За основу были взяты конкретные прогнозы отраслей промышленности. Специалистам предлагалось ответить на ряд вопросов по каждому из возможных направлений исследований. Применительно к задачам международного сотрудничества эта методика была несколько изменена с таким расчетом, чтобы в результате опроса экспертов можно было предложить оптимальную программу сотрудничества. В процессе разработки прогноза и после его завершения выявился ряд научных тем, ранее не включенных в программы, но по которым желательно вести совместные исследования. К ним относятся: ветровые волнения, оптические явления в морской среде, проблемы марикультуры (искусственное разведение морских животных и растений).

Прогнозирование позволяет анализировать работы на фоне мирового уровня океанологических исследований и дает возможность с системных позиций подойти к составлению рабочих планов. Оно оказалось полезным в международном сотрудничестве, и его предполагается периодически проводить и в дальнейшем.

Теперь можно уверенно сказать, что принятые формы сотрудничества жизнеспособны и эффективны. По оценке специалистов социалистических стран, уровень научных результатов сопоставим с лучшими мировыми достижениями в соответствующих областях знаний. Выполненные исследования служат основой для решения многих практических задач.

54-й РЕЙС «ГЛОМАРА ЧЕЛЛЕНДЖЕРА»

19 июня 1977 года завершило свой 54-й рейс научно-исследовательское судно «Гломар Челленджер». В двухмесячном плавании изучалась динамика дна восточной части Тихого океана. Работы велись в районе Галапагосского рифта и подводной вулканической горной системы на Восточно-Тихоокеанском поднятии.

Сторонники новой глобальной тектоники считают, что Восточно-Тихоокеанское поднятие — это область, где скорость раздвигания литосферных плит достигает 10 см в год. Гребень поднятия, согласно этой гипотезе, служит границей между раздвигающимися плитами, где постоянно изливаются и заполняют разлом в земной коре потоки лавы.

Бурение дна океана, проведенное в семи точках, дало интересные результаты. Оно осуществлялось на небольших холмах ложа океана, где в 1972 году сотрудники Скриппсовского океанографического института обнаружили необычно интенсивный тепловой поток, поднимающийся из недр Земли. В 1977 году специалисты, совершавшие здесь погружение на исследовательской подводной лодке «Алвин», установили, что эти холмы представляют собой гидротермальные осадочные отложения с высоким содержанием железа и марганца. Из холмов выбрасывается в океан большое количество воды, разогретой в результате вулканической деятельности в недрах Земли.

Район, где проводилось бурение, расположен всего в 12 милях к югу от наиболее активной вулканической зоны Галапагосского рифта. Слой осадочных пород здесь необычно тонкий — менее 30 м. Такая толщина осадочного слоя недостаточна для того, чтобы буровое оборудование могло стабилизироваться, прежде чем войти в более твердые вулканические породы. Дополнительная трудность была связана с тем, что

небольшие по размеру подводные холмы — слишком мелкие объекты для обычного поискового прибора. Поэтому исследователям пришлось использовать сканирующую систему, которая ранее применялась только для повторного введения бурового устройства в частично пройденную скважину.

Земная кора в этом районе оказалась наиболее молодой по сравнению с районами, где когда-либо происходило бурение. Ее возраст не превышает 610 тыс. лет. Из нескольких пунктов здесь удалось поднять образцы осадочных и вулканических пород. Анализ этих пород подтвердил гидротермальное происхождение подводных холмов.

Особый интерес вызвали зеленые иллыстые осадки с высоким содержанием железа. Сравнение их с глинами гидротермального происхождения других районов и первые результаты всестороннего анализа показали, что гидротермальные отложения Галапагосского поднятия более обширны, чем предполагалось ранее, и что гидротермальная активность здесь продолжается не менее 400 тыс. лет. На суше подобные гидротермальные отложения часто содержат богатые залежи полезных ископаемых, в том числе сульфидов. Поэтому подводные отложения Галапагосского поднятия привлекают внимание специалистов. В перспективе их можно будет использовать в промышленных целях.

На борту «Гломар Челленджера» в этом рейсе работали ученые из США, СССР, Великобритании, ФРГ и Франции.

«Deep Sea Drilling Project» (Scripps Institution of Oceanography), 259, 1977.





Профессор
Я. А. СМОРОДИНСКИЙ

Майкельсон — великий оптик (к 125-летию со дня рождения)

Физики XIX века имели все основания гордиться своей наукой. Теория электромагнитного поля, кинетическая теория газов сделали понятным необычайно широкий круг явлений.

Почти все поддавалось расчетам, исчезли таинственные электрические и магнитные жидкости, исчез теплород. Все сводилось к движению атомов, а открытие электрона сулило новые успехи. Один из самых крупных физиков того времени, всеми уважаемый Вильям Томсон, которому за его научные заслуги был дарован титул лорда Кельвина, с удовлетворением отмечал в своем докладе 27 апреля 1900 года достижения физики. Но все же мудрый Томсон был не вполне спокоен: «Две тучи», как он говорил, заслоняли от него ясное небо. Одна (по счету Томсона, вторая) — это нелады с теорией теплоемкости: нельзя было каждой степени свободы колеблющейся молекулы приписать тепловую энергию kT (k — постоянная Больцмана, T — температура). С этой трудностью, получившей название ультрафиолетовой катастрофы, справился Макс Планк. Ну а «первая туча», — по словам Томсона, — появилась вместе с волновой теорией света и связана с именами Френеля и Томаса Юнга; она содержит вопрос: как может Земля двигаться сквозь упругое твердое тело, каким должен быть светонесный эфир? Представлению о спокойном обтекании эфиром Земли, движущейся со скоростью 30 км/с, противоре-

чили опыты Майкельсона и Морли. (Речь идет об опытах, опубликованных в декабре 1887 года.)

Имя Майкельсона стало одним из самых популярных в научных кругах после того, как в августе 1881 года вышла его статья «Относительное движение Земли и светонесного эфира». Никакого признака движения Земли сквозь эфир Майкельсону обнаружить не удалось. Сам автор не скрывал своего огорчения, и в лекции, прочитанной в 1899 году, говорил: «Этот опыт имеет для меня исторический интерес, так как именно для решения указанной задачи был изобретен интерферометр. Вероятно, всякий согласится, что произведенная нами работа в достаточной степени вознаградила нас за отрицательный результат опыта тем, что привела к изобретению интерферометра».

Мы знаем, что отрицательный результат опыта Майкельсона был предвестником рождения новой физики, а изобретение интерферометра дало возможность астрономии увеличить разрешение телескопов и раздвинуть границы познаваемой Вселенной. Вряд ли стоит сейчас взвешивать, какой вклад Майкельсона в науку более важен.

НАЧАЛО

Альберт Авраам Майкельсон родился 19 декабря 1852 года в городе Стрельно, который в 1772 году достался Германии при разделе Польши. В 1855 году двухлетнего Альберта привезли в Калифорнию, и свое детство он провел в лагере золотискателей, где его отец занимался

мелкой торговлей. Когда после окончания школы (в Сан-Франциско) возник вопрос о продолжении образования, то, казалось, ничто не мешало свободному выбору: молодая страна искала и поощряла всякую инициативу. Но инициатива требовала денег, а их в многодетной семье Майкельсона как раз и не было.

Проявив незаурядную энергию, характерную для первых поселенцев, Майкельсон добивается приема в Морскую академию США. Но для этого ему понадобилось встретиться с самим президентом страны Грантом. Знал ли Грант тогда, что, помогая молодому просителю, поймавшему его у ворот Белого дома, он совершит одну из самых благородных акций своего правления?

Майкельсон успешно окончил академию, прослужил положенные два года на флоте и в 1874 году вернулся в академию, но уже преподавателем физики и химии. В 22 года ничего не предвещало младшему лейтенанту блестящей научной карьеры. В жизни ученого всегда наступает решающий момент, когда надо правильно выбрать дорогу. Выбор бывает случаен, бывает сознателен, однако очень часто именно этот момент и определяет всю жизнь ученого.

Выбор Майкельсона оказался точным, хотя он и работал в полном одиночестве и ему не у кого было спрашивать совета. Он избрал своим полем деятельности оптику. Размышляя о том, как распространяется свет, Майкельсон удивлялся, что одна из фундаментальных величин — ско-

Иллюстрации (кроме схемы на с. 55) заимствованы из книги Dorothy Michelson Livingston «The Master of Light», New York, 1973.

Альберт Авраам Майкельсон. 1928 год



рость света — известна очень плохо. Более того, никто серьезно и не думал над тем, как ее точнее измерить. С поисков решения этой задачи Майкельсон начал свою жизнь в науке. Первая работа Майкельсона была опубликована в 1878 году, она называлась «Метод измерения скорости света». Последняя вышла в 1935 году, уже после его смерти (Майкельсон умер 9 мая 1931 года), она была сделана в соавторстве с Ф. Пизом и Ф. Пирсоном и называлась «Измерение скорости света в частичном вакууме».

СКОРОСТЬ СВЕТА

Все, сделанное Майкельсоном, было выполнением единого стратегического плана. В основе этого плана лежала идея о повышении точности измерений. Если посмотреть на таблицу, где собраны результаты изме-

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ СВЕТА

Автор	Год	c, км/с
Рёмер*	1675	300 000
Физо	1849	312 000
Фуко	1862	298 000
Корню	1872	300 000
Майкельсон	1879	300 092
Майкельсон	1882	299 853
Майкельсон	1927	299 798
Майкельсон, Пиз, Пирсон	1935	299 794
Современное значение**	1976	299 792, 458

Примечание: * Рёмер, не зная точного диаметра орбиты Земли, вычислил, что $c = 222\,000$ км/с; ** вероятная ошибка значения скорости света не превышает 1,2 м/с.

рений скорости света от Рёмера до наших дней, то числа в строках таблицы, связанные с именем Майкельсона, отличаются в четвертом знаке от тех, которые давали его предшественники. За свою жизнь Майкельсон уменьшил ошибку в значении скорости света в 100 раз — с 200 до 2 км/с. (Заметим, что за сорок лет после Майкельсона ошибка понизилась еще в 2000 раз.)

Уменьшение ошибки, однако, не есть просто техническое достижение. На самом деле Майкельсон был первым, кто поставил задачу разработать метод точных измерений в оптике. Вряд ли в то время кому-нибудь казалось важным получить больше знаков (большую точность) в значении скорости света. Огромная величина этой скорости поражала современников Майкельсона, но ни кого из них не привлекала перспектива посвятить свою жизнь точному измерению этой, казалось бы, бесполезной величины.

Мы не знаем, конечно, что заставило Майкельсона заинтересоваться именно скоростью света. Может быть, курс оптики в академии был поставлен лучше других, может быть, еще какое-либо событие подтолкнуло его к размышлениям. Как бы то ни было, Майкельсон увидел в этом достойную задачу, за которую он и взялся с неукротимым упорством. «Тот факт, что скорость света непостижима для человеческого представления и, с другой стороны, существование принципиальной возможности ее измерения с чрезвычайной точностью делают эту задачу одной из самых увлекательных проблем, когда-либо стоявших перед ис-

следователем», — говорил Майкельсон.

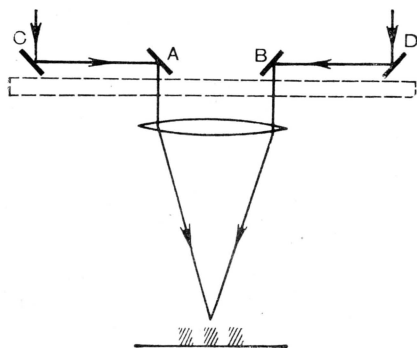
Совершенствуя опыт своих предшественников, он пришел к идее нового прибора — интерферометра. Новый прибор оказался настолько точным, что с его помощью можно было измерить скорость света и даже попытаться решить более дерзкую задачу: исследовать, как влияет движение Земли на распространение света в эфире — веществе, заполняющем Вселенную.

ИНТЕРФЕРОМЕТР

Идея интерферометра привела Майкельсона к астрономии. Он был первым, кто использовал когерентность для измерения диаметра звезд.

Когда оптики говорили о когерентном свете, то подразумевалось, что источник такого света — точечный. Излучения от разных точек светящегося тела накладываются беспорядочно друг на друга, и интерференция не наблюдается. Майкельсон заметил, что свет от некогерентного источника, каким является светящийся диск звезды, может все же дать интерференционную картину, если только угол, под которым мы ее наблюдаем, достаточно мал. В этом случае интерференционные картины от разных точек источника различаются мало и, накладываясь друг на друга, почти не искажают суммарную картину. Интерференция исчезает, лишь когда интерференционные картины от крайних точек источника сдвигаются, например, на одну полосу.

Идея метода состояла в том, чтобы измерить, при каком расстоянии



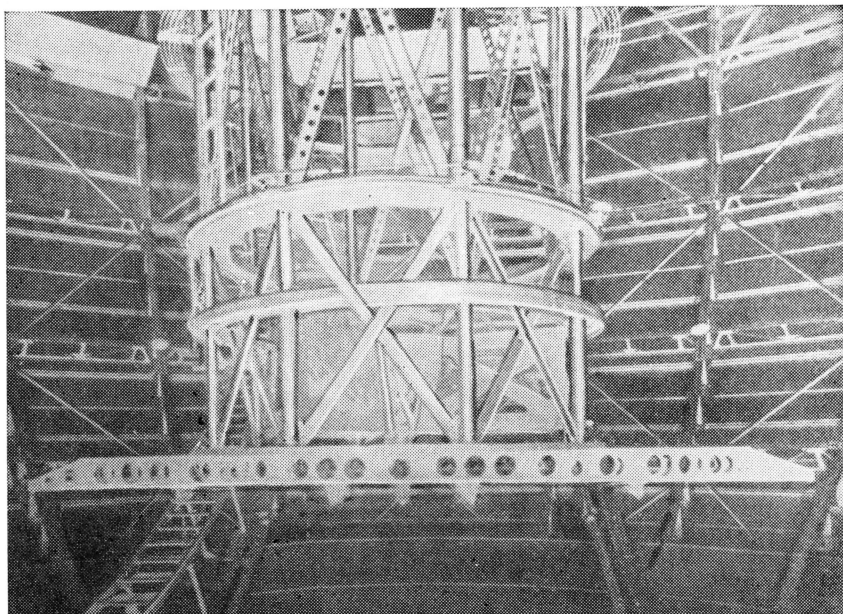
между зеркалами, расположенными впереди телескопа, исчезает интерференция. Это расстояние z связано с угловым диаметром звезды соотношением (формула для светящегося диска):

$$\alpha = 1,22 \frac{\lambda}{2s}.$$

Таким способом был впервые измерен диаметр яркой звезды Бетельгейзе в созвездии Ориона. Интерференционные полосы исчезали при расстоянии между зеркалами 306,5 см ($\lambda = 5,75 \cdot 10^{-5}$ см). Значит, угловой диаметр звезды равен 0,047" — величина, об измерении которой другими методами нечего было и думать.

Занимаясь усовершенствованием интерферометра, Майкельсон уяснил еще одну очень важную вещь. Он понял, что для точных измерений нужен точный эталон длины и таким эталоном может быть только длина волны. Майкельсон оценивал ошибку этого естественного эталона в 1:2 000 000. Сейчас, когда эталон длины, предложенный Майкельсоном, принят во всем мире, оказалось возможным снизить относительную ошибку до 1:10⁸.

Идея звездного интерферометра Майкельсона. На телескоп была положена тяжелая перекладка с четырьмя зеркалами A, B, C, D. Свет далекой звезды, направляемый в телескоп этими зеркалами, давал в его фокальной плоскости интерференционные полосы. Они исчезали, когда зеркала C и D раздвигались. Измерив расстояние между C и D, при котором интерференция исчезала, можно определить диаметр звезды



Интересно, что Майкельсон не думал о другом эталоне — эталоне времени. Оптика тогда имела дело лишь с длиной волны. Частота была чужда классической оптике. Частоту не умели ни точно измерить, ни хорошо воспроизводить. Даже сейчас области «частотной» оптики и «волновой» еще не перекрываются. Но эти вопросы мы обсуждать здесь не будем, а перейдем к самой знаменитой работе Майкельсона.

ОПЫТ МАЙКЕЛЬСОНА

Немного в истории физики опытов, да еще с отрицательным результатом, которые приобрели такую известность, как этот.

Майкельсону предстояло решить следующую задачу. Считалось, что свет — это колебания какой-то всепроникающей субстанции эфира. Всем было ясно, что если свет есть колебания, то должна существовать субстанция, которая несет на себе свет. В этом к концу XIX века разногласий, по-видимому, не было. Даже Джеймс Максвелл, построивший теорию электромагнитного поля, не сомневался в реальности эфира. Трудности возникли неожиданно.

Дж. Эри решил проверить очевидное следствие элементарной теории

светоносного эфира. Известно, что свет звезды отклоняется из-за движения Земли на угол φ , тангенс которого равен отношению скоростей Земли и света. Эри заинтересовался, изменится ли угол отклонения, если трубу телескопа наполнить водой. Скорость света в воде меньше, чем в вакууме, в n раз (n — показатель преломления), поэтому, как полагал Эри, $\tan \varphi$ должен увеличиться в n раз. Если бы такой эффект наблюдался, то было бы доказано существование неподвижного эфира, не увлекаемого Землей. Однако опыт показал, что вода не изменяет угол отклонения. Получалось, что эфир, будто бы, увлекается водой, но не полностью, а частично, так что его скорость можно найти, умножив скорость воды на коэффициент ρ :

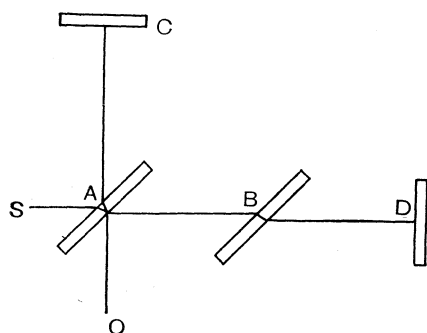
$$\rho = \frac{n^2 - 1}{n^2} = 1 - \frac{1}{n^2}.$$

(Для воды, показатель преломления которой 4/3, ρ составляет примерно 7/16.) Такое объяснение опыта дал О. Френель. И. Физо подтвердил выводы Френеля экспериментально. Майкельсон повторил эти опыты. Ре-

Звездный интерферометр Майкельсона, установленный на 100-дюймовом телескопе обсерватории Маунт Вилсон



ЛЮДИ
НАУКИ



зультат был тот же: эфир частично увлекался водой.

Казалось, что опытным путем обнаружить движение Земли относительно эфира не удастся. Существовала простая идея опыта. Световой пучок раздваивается и проходит к приемнику по двум геометрически одинаковым путям. Поставив на пути одного из лучей стеклянную призму, мы изменим время его прохождения от источника до приемника. Если мы

измерим разность фаз обоих лучей, то сможем вычислить скорость света относительно наблюдателя на Земле. Однако опыт лишь подтвердил то, что было известно раньше: эфир частично уносится призмой. Ожидавшийся эффект на самом деле определялся просто разностью скоростей света в воздухе и стекле и никак не зависел от «движения эфира». В результате появилось подозрение, что вообще нельзя определить абсолютную скорость движения Земли относительно неподвижного эфира, если измерять эффекты, которые определяются отношением скорости Земли ($v \approx 30$ км/с) к скорости света c :

$$\frac{v}{c} \approx \frac{3 \cdot 10^4}{3 \cdot 10^8} \approx 10^{-4}.$$

Это утверждение вскоре было доказано Г. Лоренцом. Чтобы обнаружить движение Земли относительно неподвижного эфира, нужны были опыты, в которых измерялась бы не разность времен прохождения сигналов, а разность фаз колебаний света, прошедшего различные пути. Такого рода эффекты определялись уже не отношением $\frac{v}{c}$, а квадратом этого отношения $\left(\frac{v}{c}\right)^2 \approx 10^{-8}$. Столь малые эффекты в оптике никто никогда еще не измерял. Единственным человеком, который отважился на это, был преподаватель физики в Морской академии. Если бы только руководство академии могло предположить, что через много лет точное значение скорости света понадобится навигации!

Майкельсон использовал явление интерференции для измерения ско-

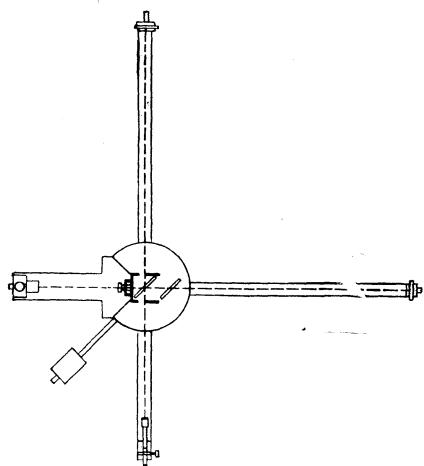


Схема эксперимента «эфирный дрейф», осуществленного Майкельсоном в 1880 году в Потсдаме. S — источник света. Полупрозрачное зеркало A расщепляло световой пучок на два: один шел к зеркалу C, другой — к зеркалу D. Зеркала отражали пучки обратно, и они, соединившись вновь, давали интерференционную картину, которую можно было рассмотреть в зрительную трубу O. Пути, пройденные лучами, были одинаковы. Если AC параллельна направлению движения Земли по орбите, то лучу света, перемещающемуся вместе с ней сквозь эфир, потребуется больше времени, чтобы прийти в точку O, чем лучу, движущемуся перпендикулярно направлению движения Земли. Значит, наблюдатель должен отметить сдвиг интерференционных полос. Поскольку на пути SACA луч света дважды проходил через полупрозрачное зеркало, приходилось вводить компенсирующую пластину B, чтобы уравнять пути лучей

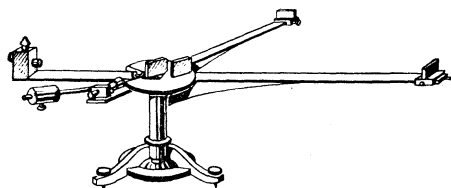


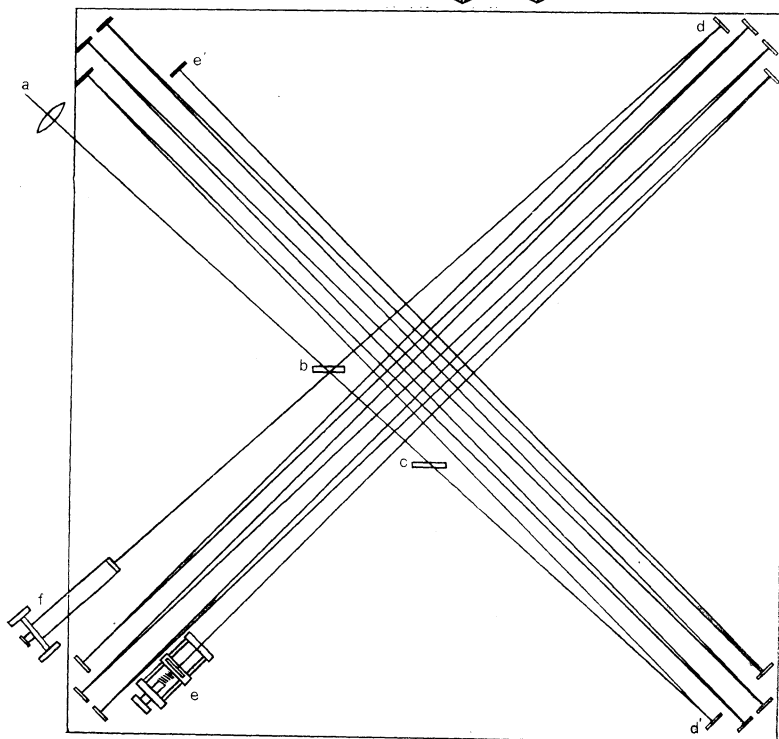
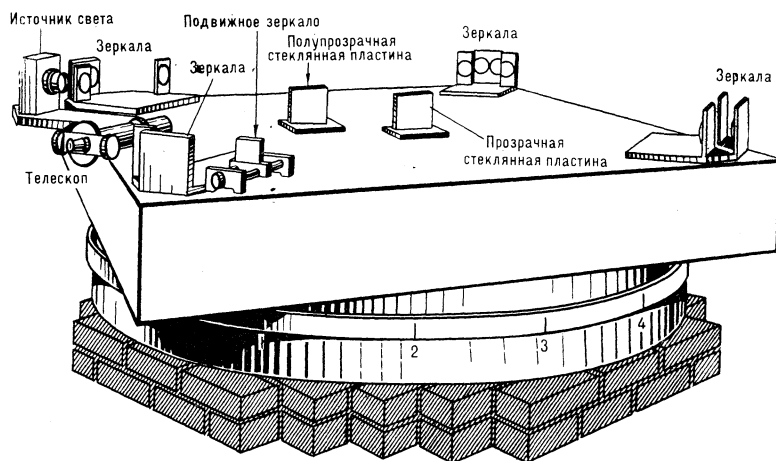
Схема первого интерферометра Майкельсона

Общий вид интерферометра

рости света. Свой первый интерферометр он построил в 1880 году. В 1887 году, уже будучи профессором физики в Школе прикладной науки Кейса (Кливленд), он вместе с профессором химии Э. Морли создал интерферометр удивительной чувствительности. По глубокому убеждению авторов, прибор должен был показать смещение интерференционных полос, свидетельствующее о движении Земли сквозь неподвижный эфир, и смещение это должно быть пропорционально $\left(\frac{v}{c}\right)^2$. Результат оказался отрицательным. Эффект, если бы он существовал (теория неподвижного эфира, предсказывала смещение примерно на 0,4 полосы), не мог превышать 3—5% от ожидавшегося.

Схема интерферометра, построенного Майкельсоном и Морли в Кливленде в 1887 году

Ход лучей в интерферометре Майкельсона — Морли. Вместо двух зеркал, которые были в первом интерферометре Майкельсона, в новом инструменте их 16. Протяженность светового пути — 16 футов (1 фут $\approx 30,5$ см). Благодаря этому чувствительность инструмента в 10 раз превзошла чувствительность первого интерферометра. Полупрозрачное зеркало *b* расщепляло световой пучок от источника *a*. Один луч испытывал отражение от зеркал *e* к зеркалам *d*, затем возвращался к *b* и попадал в телескоп *f*. Второй луч проходил сквозь зеркало *b*, через *c* к зеркалу *d'* и, отразившись от зеркала *d'* и *e'*, возвращался к *b* и направлялся в телескоп, в который наблюдали интерференционную картину





Это был кульминационный момент в жизни Майкельсона. Опыт не подтвердил почти очевидный результат. Надо обладать непоколебимой уверенностью в своих опытах, чтобы объявить о них, не смущаясь тем, что они противоречат здравому смыслу. В истории науки не раз бывало так, что для выигрыша необходимо было иметь смелость объявить о своих ре-

■
 Альберт Майкельсон в 1887 году
 ■
 Эдвард Морли — профессор химии

зультатах, не заботясь о том, поверят тебе другие или нет. Случай Майкельсона тому яркий пример.

Объяснение опыту в рамках теории эфира дала гипотеза Фитцджеральда о сокращении длины движущихся тел. Вывод из опыта Майкельсона — Морли для нас очевиден. Неправильна была не теория неподвижного эфира, а сама идея об эфире. Эфир после опытов Майкельсона стал лишним в теории. Но это понял лишь Альберт Эйнштейн.

Подводя итоги необычайно плодотворной жизни Майкельсона, нужно сказать и о признании его заслуг. К первой награде — степени доктора, представил его Парижский университет в 1895 году, затем в 1899 году последовала такая же награда от Кембриджа.

С 1901 по 1903 год Майкельсон был президентом Американского философского общества, а в 1923 году его избрали президентом Национальной академии наук.

В 1907 году Майкельсону была присуждена Нобелевская премия. Шведская академия наук не отметила знаменитый опыт (как не рискнула отметить и теорию относительности). Нобелевскую премию Майкельсон получил за точные измерения и исследования в области спектроскопии. Сейчас мы знаем, что это была премия за открытие новой эры в оптике. Благодаря Майкельсону фаза световой волны, точнее разность фаз, измеряемая в самых различных условиях, стала одним из важнейших понятий в оптике и радиотехнике. Современная оптика во всех своих разделах опирается на идеи Майкельсона.



Отрицательный результат опытов Майкельсона не был исходным пунктом теории относительности, как это представляется логически мыслящим потомкам. Для Эйнштейна исходными служили уравнения Максвелла и вопрос о том, какой они имеют вид для движущегося наблюдателя. Для

■ ■
 Нобелевская медаль, присужденная Альберту Майкельсону

Памяти Бориса Васильевича Кукаркина

этого понадобился анализ понятия одновременности и измерения длин, который развился в специальную теорию относительности. Решение парадокса, поставленного Майкельсоном, пришло само собой. Опыт Майкельсона — Морли тем не менее имел огромное значение, так как он создал атмосферу надвигающейся катастрофы и в высшей степени обострил внимание к принципиальным вопросам физики.

Может быть, здание теории относительности и было бы построено без опытов Майкельсона — Морли, но вряд ли бы его строительство началось без гипотезы Г. Фитцджеральда, без работ Г. Лоренца и А. Пуанкаре, для которых эти опыты были основным стимулом.

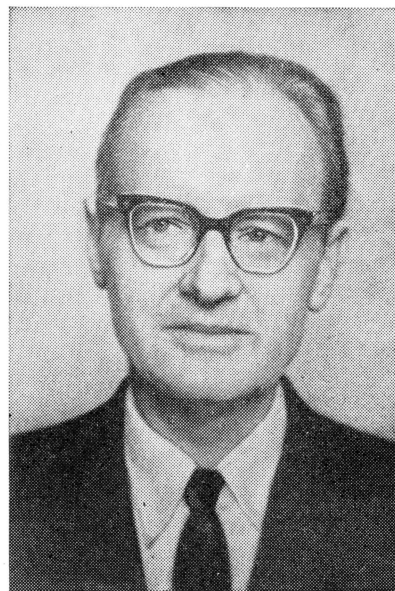
Сейчас нам очень трудно предположить, что было бы с физикой, если бы Майкельсон нашел тот эффект, который он искал, — если бы он обнаружил эфирный дрейф. Когда-то Марк Твен (кстати говоря, живший в тех же местах, где провел свое детство Майкельсон) заметил, что его не удивляет, что Колумб открыл Америку, было бы удивительно, если бы он не нашел ее на своем месте. Нам трудно представить, что было бы, если бы Лагранж доказал теорему о параллельных, исходя из других постулатов Евклида. Столь же трудно представить сейчас физику, основанную на гипотезе неподвижного эфира. Поэтому с полным основанием можно сказать, что в фундаменте современной физики Майкельсон заложил один из тех камней, на которых покоится величественное здание науки о природе.

15 сентября 1977 года скоропостижно скончался профессор, доктор физико-математических наук Борис Васильевич Кукаркин — заведующий кафедрой звездной астрономии и астрометрии Московского государственного университета. Советская и мировая наука потеряла выдающегося исследователя переменных звезд и звездных систем.

Б. В. Кукаркин принадлежал к той плеяде советских астрономов старшего поколения, которые в детстве заинтересовались астрономией, начинали как любители и на всю жизнь сохранили не просто профессиональный интерес к своей науке, но и горячую любовь к ней.

Б. В. Кукаркин родился 30 октября 1909 года в Нижнем Новгороде. Свои обширные знания он получил в основном самообразованием. Его научная деятельность началась в 1926 году с наблюдений переменных звезд. В 1928—1931 годах он ведет обсерваторией Нижегородского кружка любителей физики и астрономии и с той же поры возглавляет издаваемый первоначально этим кружком бюллетень «Переменные звезды» — сейчас главный печатный орган исследователей переменных звезд. Вскоре Борис Васильевич становится одним из ведущих организаторов изучения переменных звезд в нашей стране.

В 1931 году Б. В. Кукаркин — сотрудник Ташкентской обсерватории, а с 1932 года и до конца жизни он работал в Государственном астрономическом институте имени П. К. Штернберга при Московском университете. В 1952—1956 годах он был директором института.



В годы Великой Отечественной войны Б. В. Кукаркин в рядах авиации дальнего действия вел большую работу по подготовке штурманов.

Начав с глазомерных оценок блеска, Б. В. Кукаркин уже в 30-х годах стал признанным авторитетом в изучении переменных звезд. В 1928 году он открыл зависимость между спектром и периодом затменных переменных звезд, в 1934 году вместе с П. П. Паренаго обнаружил важнейшую зависимость между циклом и амплитудой вспышек звезд типа U Близнецов. Много внимания Борис Васильевич уделял цефеидам, особенно установлению нуля-пункта зависимости период — светимость це-

Б. В. Кукаркин (1909—1977)



феид. В 1949 году одним из первых он пришел к выводу о необходимости увеличить принятую после работ Х. Шепли светимость цефеид.

Еще до войны Б. В. Кукаркин и П. П. Паренего начали в Государственном астрономическом институте составление карточного библиографического каталога переменных звезд, благодаря которому в 1946 году советские астрономы взяли на себя (по поручению Международного астрономического союза) составление каталогов переменных звезд и их обозначение. С тех пор Б. В. Кукаркин бессменно руководил этой трудоемкой, не всегда благодарной, но необходимой для астрономов всего мира работой. Вокруг него сплотился коллектив исследователей переменных звезд. В 1969—1971 годах вышло третье издание «Общего каталога переменных звезд», содержащего сведения о 20 437 звездах. С 1956 года Б. В. Кукаркин возглавлял Комиссию (затем бюро) по переменным звездам Астрономического совета АН СССР, которая координирует их исследования по всей стране.

В 1943 году Борис Васильевич приступил к изучению пространственного распределения переменных звезд и пришел к выводу о существовании плоской, промежуточной и сферической составляющих Галактики. За этот труд Б. В. Кукаркин был удостоен премии имени Ф. А. Бредихина Академии наук СССР. Работы Б. В. Кукаркина, наряду с работами В. Бааде, способствовали окончательному утверждению представлений о Галактике как системе, состоящей из взаимно проникающих друг в друга

подсистем звезд с разными пространственно-кинетическими характеристиками и разным возрастом,— представлений, которые зародились первоначально в трудах Б. Линдблада, Я. Оорта и К. Боттлингера. На необходимость совместного рассмотрения положений в пространстве, особенностей движения и физических характеристик звезд Б. В. Кукаркин постоянно обращал внимание своих учеников.

В последнее десятилетие жизни научные интересы Б. В. Кукаркина сосредоточились на изучении шаровых скоплений. Как и при исследовании переменных звезд, он начал сбор и систематизацию всевозможной информации об этих старейших конгломератах звезд. В результате появился «Каталог шаровых скоплений» (1974), содержащий уточненные Б. В. Кукаркиным данные о расстоянии, химическом составе, светимости и других характеристиках скоплений. Внезапная смерть прервала интенсивную творческую работу, которая будет продолжена его молодыми учениками.

Б. В. Кукаркин много внимания уделял организации астрономических исследований как в нашей стране, так и в международном масштабе. Он был вице-президентом Международного астрономического союза (МАС) в 1955—1961 годах, президентом Комиссии по переменным звездам МАС в 1951—1958 годах. Борис Васильевич был лично знаком со многими выдающимися астрономами и немало сделал для укрепления контактов между советскими и зарубежными исследователями переменных звезд. С 1958 года Б. В. Кукаркин — член

Королевского астрономического общества Великобритании.

Много занимался Б. В. Кукаркин и пропагандой астрономических знаний, работал в редколлегии журнала «Природа» и «Большой советской энциклопедии», в последние годы он был ответственным редактором серии монографий «Нестационарные звезды и методы их исследований», получившей мировую известность.

Борис Васильевич обладал даром увлекать других своими интересами. Его блестящие лекции, в которых проявлялся темперамент ученого, неизменно рождали желание заняться проблемой, излагаемой им с большим энтузиазмом. Не один десяток астрономов могут назвать себя его учениками, многие остались верны первоначально указанному им направлению исследований. Круг знаний и интересов Бориса Васильевича был весьма обширен: философия, искусство, история. Широта и всесторонность подхода, стремление к синтезу, живое внимание ко всему новому — характерные черты его работы.

Имя Бориса Васильевича Кукаркина навсегда останется в истории астрономии.

Группа товарищей



Совещание по космической физике

С 27 июня по 4 июля 1977 года в Гаване в рамках программы «Интеркосмос» проводилось очередное XI совещание Рабочей группы ученых и специалистов, занимающихся исследованиями в области космической физики.

В Рабочую группу «Космическая физика» входят восемь специальных секций: верхняя атмосфера и магнитосфера Земли; межпланетная плазма; коротковолновая и внеатмосферная астрономия; космические лучи; твердый компонент межпланетного вещества, Луна и планеты; наблюдения искусственных спутников Земли для целей геодезии и геофизики; электроника, приборостроение и технология; обработка информации.

На секционных совещаниях подводились итоги выполнения плановых работ группы. До 27 июня 1977 года было запущено шестнадцать искусственных спутников Земли серии «Интеркосмос» и четыре исследовательские геофизические ракеты «Вертикаль». С помощью искусственных спутников Земли «Интеркосмос-1, -4, -7, -11, -16» исследовалось коротковолновое излучение Солнца и его влияние на параметры верхней атмосферы Земли.

Ионосферу исследовали на спутниках «Интеркосмос-2, -8, -10, -12, -14». В некоторых случаях изучались и потоки микрометеоритов («Земля и Вселенная», № 3, 1971, с. 48—52; № 6, 1976, с. 86—92.—Ред.).

Эксперименты, проведенные на геофизических ракетах «Вертикаль» и спутнике «Интеркосмос — Коперник-500», запуск которого был приурочен к юбилею великого польского ученого, можно отнести и к сол-



нечным и ионосферным исследованиям.

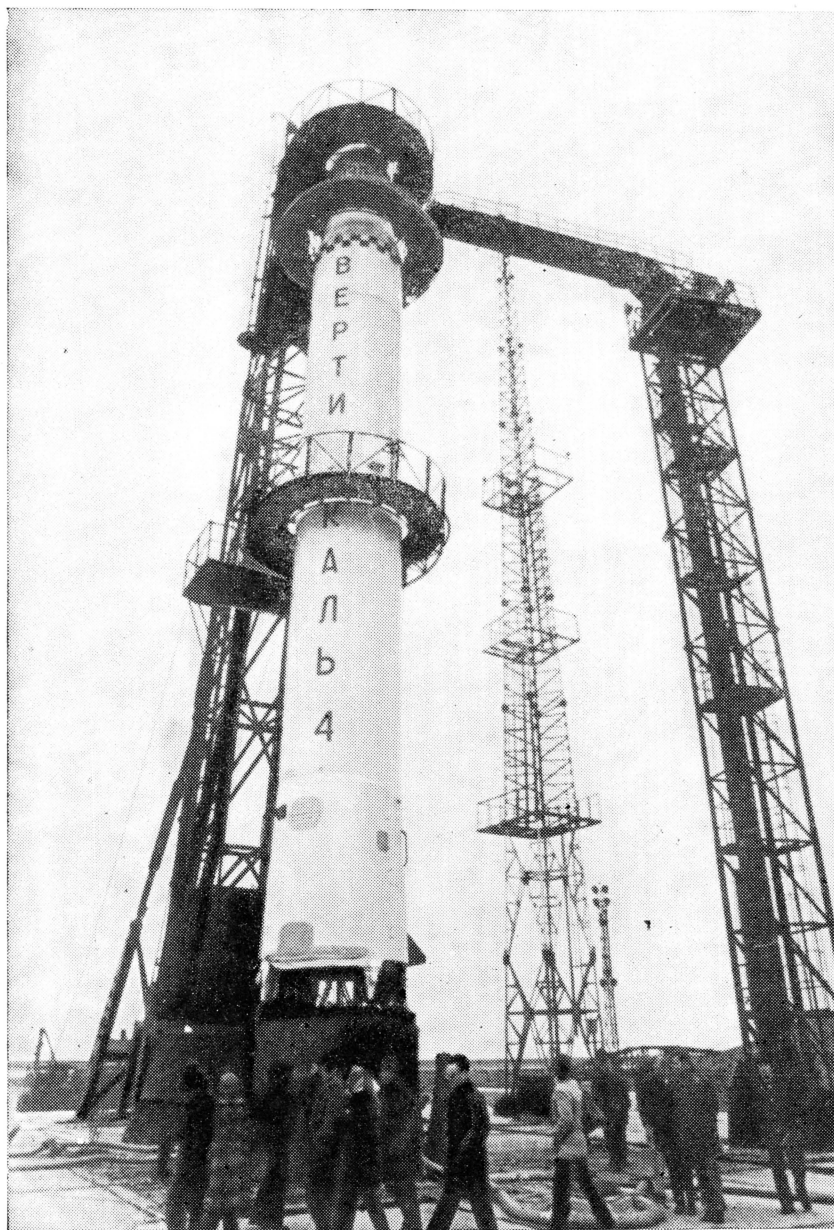
Спутники «Интеркосмос-3» и «Интеркосмос-5» дали интересные результаты исследований магнитосферы, радиационных поясов Земли и низкочастотных электромагнитных излучений. Аналогичные исследования проводились на спутнике «Интеркосмос-13».

Научная программа спутника «Интеркосмос-6» со спасаемым контейнером и научной аппаратурой — изучение космических лучей высоких энергий и метеорного вещества.

В процессе подготовки и проведения таких длительных многоэтапных

экспериментов сложились постоянно действующие интернациональные научные коллективы. В течение многих лет плодотворно работают ученые и специалисты Института космических исследований АН СССР и Группы физики космоса Болгарской академии наук, Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР и Геофизического института Чехословацкой академии наук (ЧСАН). Они занимаются вопросами ионосферных и магнитосферных исследований и низкочастотных излучений. Институт электроники АН ГДР, Физический институт имени П. Н. Лебедева АН СССР и Астрономический институт ЧСАН сотрудничают в области исследований солнечного излучения. Совместные спектрометрические исследования проводятся учеными и специалистами СРР, СССР и ЧССР.

Здание Академии наук Республики Куба, в котором проходило совещание

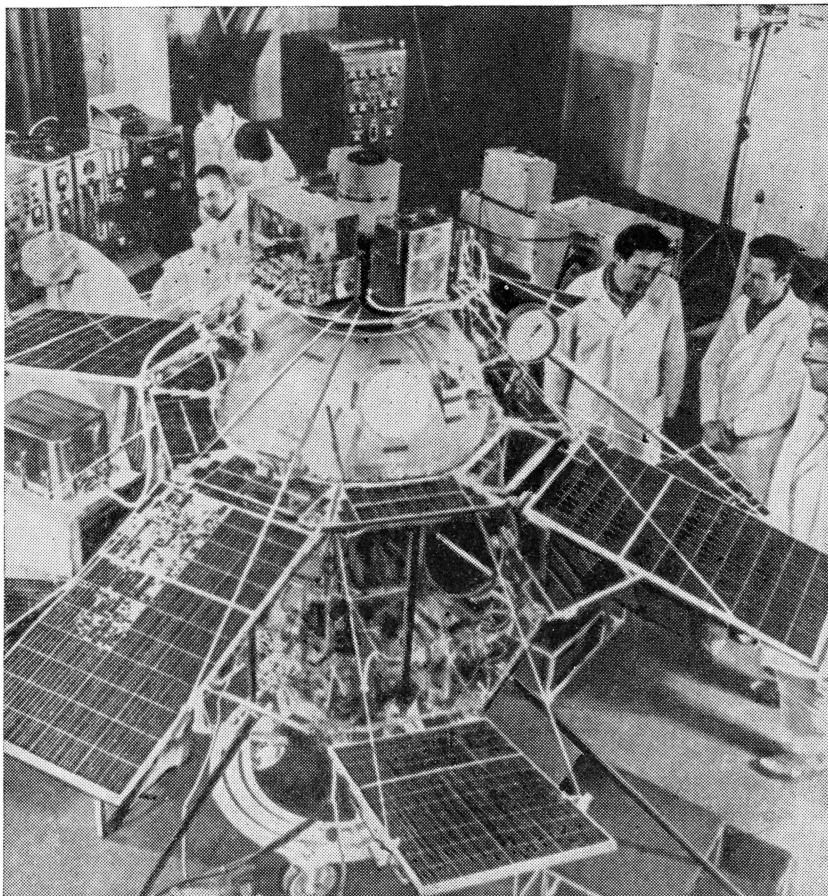


Микрометеориты изучают коллеги из Центрального института физических исследований АН ВНР, Института геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского АН СССР и Астрономического института ЧСАН. Институт космических исследований АН СССР возглавляет кооперацию специалистов стран-участниц программы «Интеркосмос» по оснащению приборами для научных экспериментов. Сотрудники научных и промышленных организаций ВНР, ГДР, ПНР, СССР и ЧССР разработали и изготовили Единую телеметрическую систему, успешно прошедшую испытания на спутнике «Интеркосмос-15». Она позволяет с помощью специальных наземных приемных станций, расположенных на территории стран-участниц программы «Интеркосмос», получать научную информацию непосредственно с борта космического аппарата. Подобные станции работают в ГДР, СССР, ЧССР, НРБ и на Кубе. Две последние введены в строй с помощью специалистов ГДР, СССР и ЧССР.

Преимущества кооперации очевидны, так как наиболее продуктивно и рационально используются возможности каждой из участвующих сторон.

Участники совещания отметили успешную подготовку ближайших научных экспериментов по исследованию космических лучей (проект «Эллипс»), ионосферы, магнитосферы и низкочастотных излучений (проекты «Маг-ИК» и «Ионозонд»), а также ко-

Исследовательская геофизическая ракета «Вертикаль-4» перед запуском



«ВЕРТИКАЛЬ - 6»: СКВОЗЬ АТМОСФЕРУ

В соответствии с программой сотрудничества социалистических стран в области исследования и использования космического пространства в мирных целях 25 октября 1977 года в 15 часов 15 минут по московскому времени с территории европейской части СССР в средних широтах произведен запуск геофизической ракеты «Вертикаль-6» на высоту 1500 километров.

Геофизическая ракета «Вертикаль-6» предназначена для продолжения комплексных исследований атмосферы и ионосферы Земли, а также взаимодействия коротковолнового излучения Солнца с атмосферой Земли.

В отделившемся от ракеты на высоте 173 километра стабилизированном приборном контейнере установлена научная аппаратура, изготовленная в Народной Республике Болгарии, Венгерской Народной Республике, Советском Союзе и Чехословацкой Социалистической Республике.

Во время полета геофизической ракеты «Вертикаль-6» проводились также наземные измерения различных параметров ионосферы.

Специалисты НРБ, ВНР, СССР и ЧССР принимали участие в монтаже и испытаниях научной аппаратуры, установленной на ракете «Вертикаль-6», а также в ее запуске.

Одновременно в районе запуска геофизической ракеты «Вертикаль-6» проводились пуски метеорологических ракет с целью комплексного измерения различных атмосферных параметров, а также отработки новых методов и систем ракетного зондирования атмосферы. На этих ракетах была установлена научная аппаратура, разработанная специалистами НРБ, ГДР, ПНР, СРР и СССР.

Научные организации стран — участниц совместного эксперимента приступили к обработке полученной информации.

Сообщение ТАСС

ротковолнового излучения Солнца. В них заняты представители большинства стран-участниц программы «Интеркосмос». Эти эксперименты будут осуществлены с помощью автоматических универсальных орбитальных станций, пришедших на смену спутникам первого поколения серии «Интеркосмос». Новые спутники могут принять на борт в 3—4 раза больше научной аппаратуры и дольше активно работать в космосе.

Большое внимание было уделено вопросам, связанным с подготовкой новых научных работ, — исследованию инфракрасного излучения планет с помощью фурье-спектрометра, изучению характеристик солнечного вет-

ра (проект «Плазмаг») и структуры околоземных и межпланетных ударных волн (проект «Интершок»). Обсуждалась возможность проведения сейсмических измерений на лунной поверхности, исследования процессов кристаллизации в условиях невесомости.

По окончании работы совещания главами делегаций были подписаны основные итоговые документы. XII совещание Рабочей группы «Космическая физика» состоится в Праге в июне 1978 года.

М. А. РИМША

Искусственный спутник Земли «Интеркосмос-16» в лаборатории

Профессор
Б. П. ВЛАДИМИРОВ

Байконур

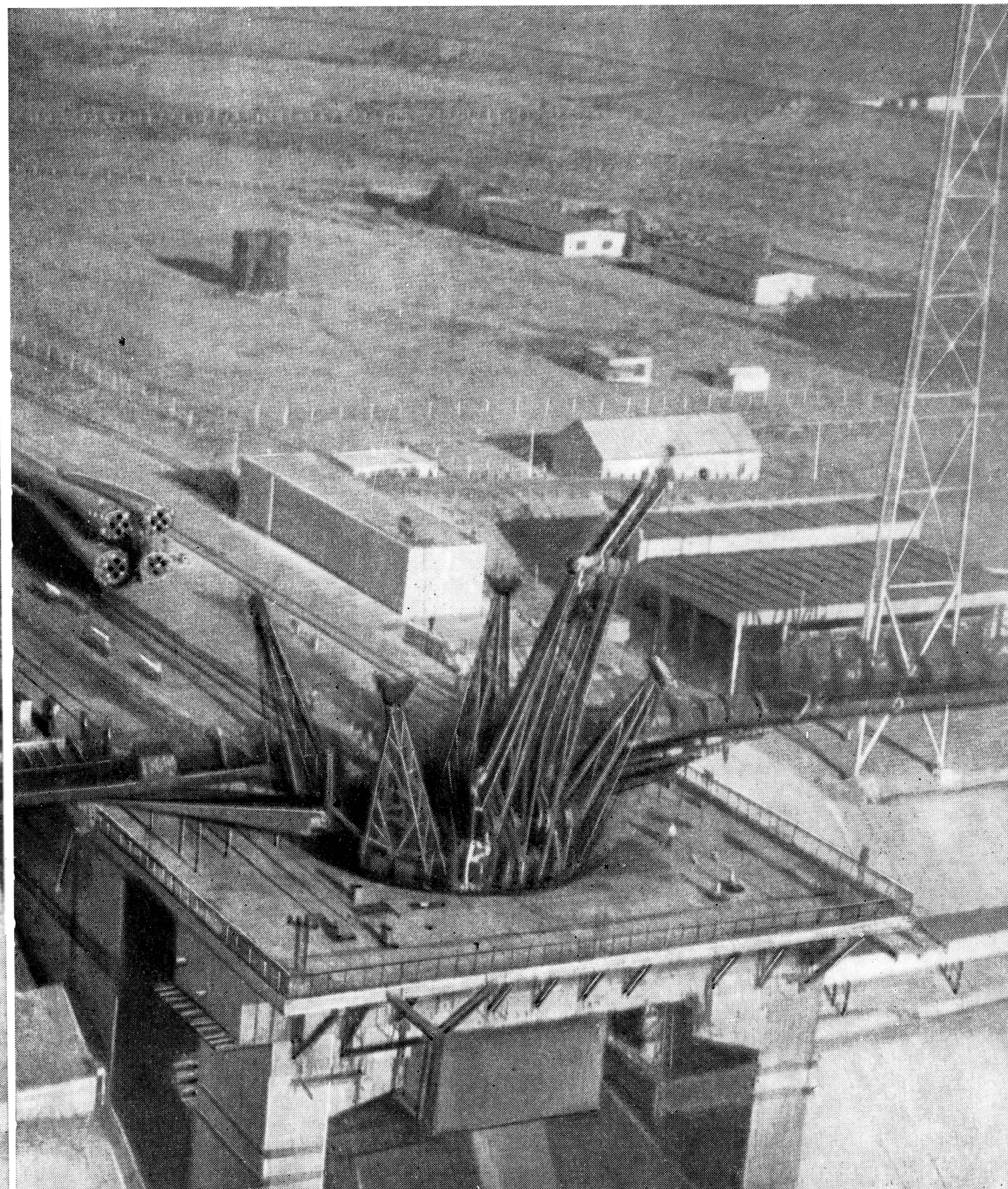
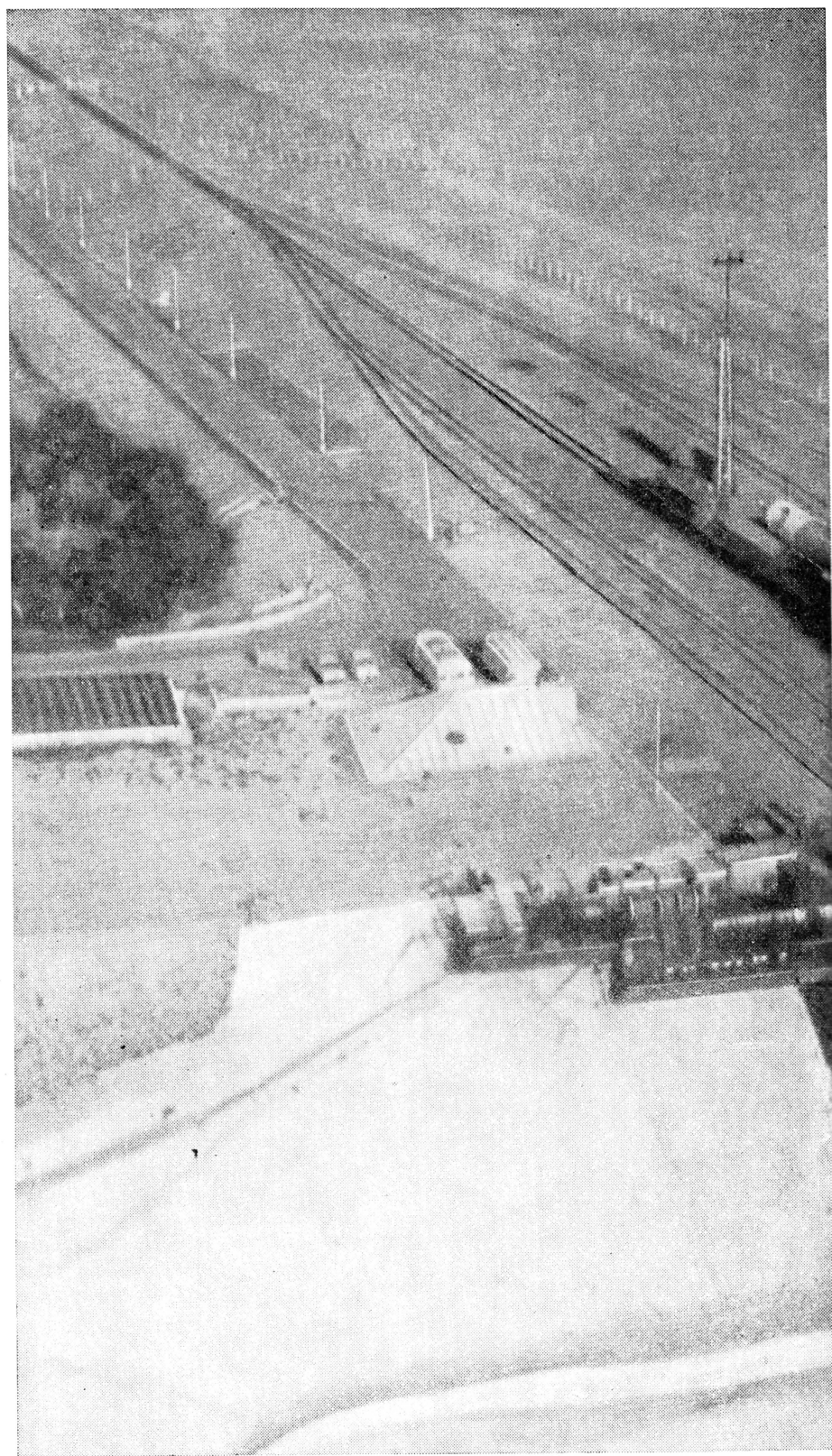
Большая флотилия космических кораблей и аппаратов уходила на космические трассы, ближние и дальние, околоземные и лунные, к Венере и Марсу из космической гавани — космодрома Байконур. Байконур известен всем, или почти всем, на нашей планете. Он войдет в летопись истории как прекрасное творение человека XX столетия.

Когда развернулись работы по созданию мощной космической ракеты, на чертежах и плакатах определились контуры будущего космодрома. Прошло чуть больше года, и замыслы конструкторов воплотились в машины, механизмы, приборы и аппараты. Воплотились в металл и бетон.

Космодром — сложное, многоотраслевое хозяйство, раскинувшееся на обширной площади. Это сочетание уникальных агрегатов, устройств, автоматических систем и инженерных сооружений. Создателям его необходимо было решить множество проблем, начиная от транспортировки отдельных блоков ракеты и сборки ее, до теоретических и экспериментальных исследований тепловых, газодинамических и акустических процессов, протекающих во время старта ракеты. Космодром нельзя окинуть взглядом или вместить в рамки одного кинокадра. Его трудно целиком увидеть даже с вертолета. Густая сеть железнодорожных путей и автомобильных магистралей связывает все службы космодрома в единое целое.



К месту старта



СЛУЖБЫ КОСМОДРОМА

Главные части космодрома — **стартовые площадки**, а центральное звено каждой площадки — **стартовое сооружение**. Сюда сходятся все нити подготовки космической ракеты к запуску. Отсюда берут начало космические трассы.

Мощные колонны поддерживают основную часть стартового сооружения — козырек с 16-метровым проемом для «хвоста» ракеты. Под ним расположен газоотводный канал, по которому уходят продукты сгорания двигательных установок. На козырьке концентрично проему смонтирована стартовая система. В стартовом и других сооружениях размещены системы заправки и термостатирования топлива, компрессорная, ресиверные сжатых газов, емкости хранилищ топлива, оборудование систем управления подготовкой ракеты к пуску и самим пуском.

За откосом газоотводного канала находится бункер командного пункта. Он соединен кабелями со всеми оперативными службами космодрома, наблюдательными и командно-измерительными пунктами. Немного поодаль — монтажно-испытательный корпус. Железнодорожная колея связывает монтажно-испытательный корпус и стартовую площадку. По ней следуют космические корабли к последнему пункту, откуда начинается их путь во Вселенную.

Основной агрегат стартового комплекса — стартовая система. Выглядит

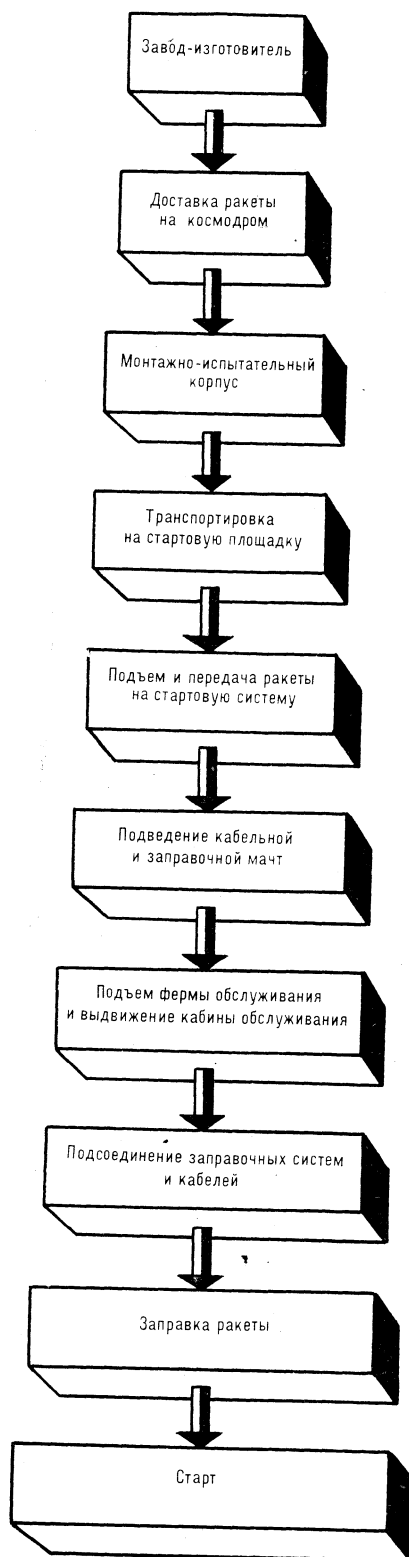


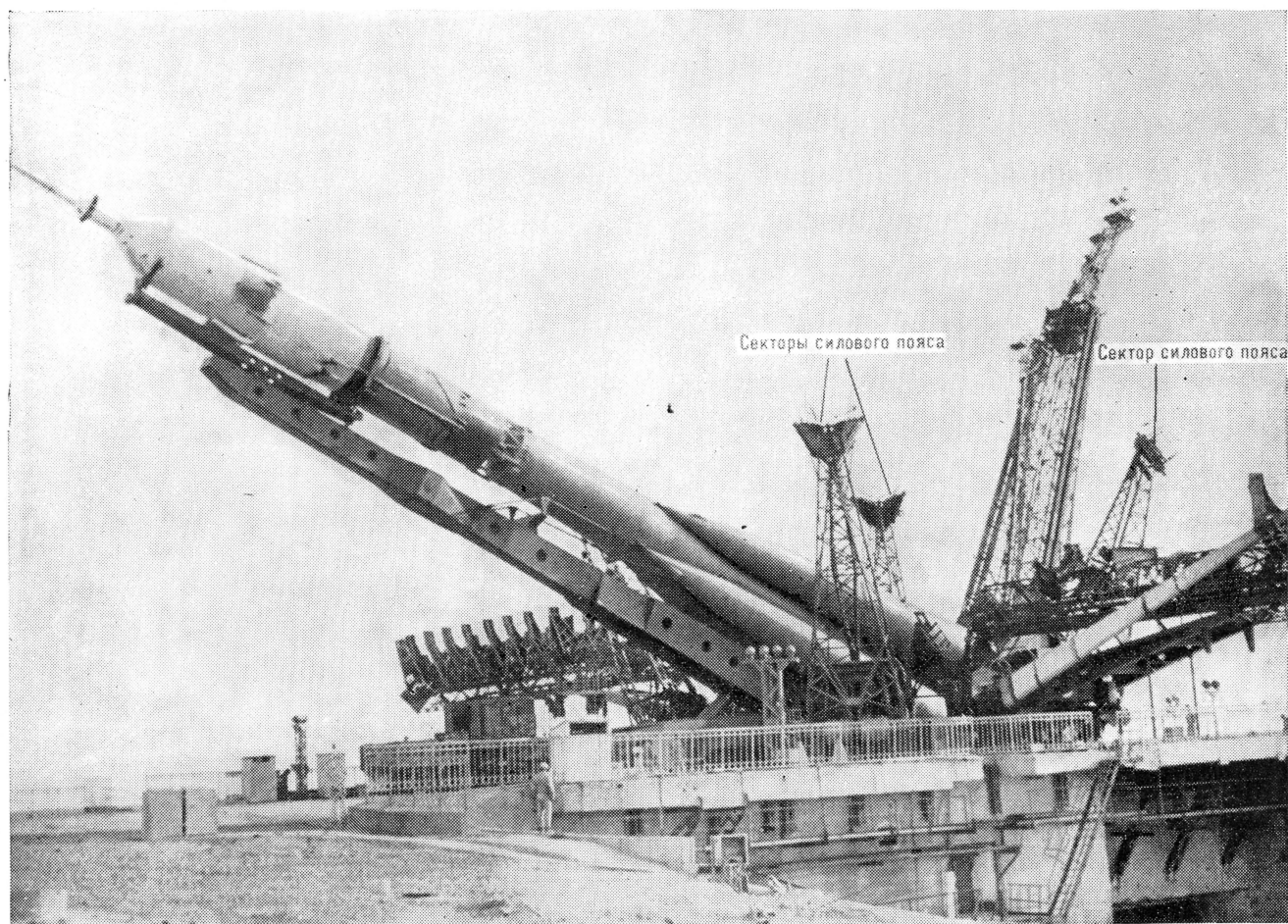
Схема движения и подготовки ракеты к пуску от момента изготовления до старта

она довольно оригинально из-за необычной формы ракеты-носителя. Конструкция ракеты — пакет с поперечным делением ступеней — напоминает знаменитую русскую тройку. В «упряжке» первой и второй ступеней — пятерка блоков. Центральный блок — «коренник» — первая и одновременно вторая ступень, а с двух сторон к нему симметрично по кругу «пристегнуты» четыре боковых — блоки первой ступени.

Эти боковые блоки имеют конусообразную форму и как бы подпирают центральный примерно на расстоянии 20 м (общая длина ракеты-носителя с космическим кораблем около 50 м) от основания ракеты. За «верхушки» боковых блоков ракета подвешивается на стартовую систему, углубляясь примерно на 7 м в проем стартового сооружения. Вся ее тяжесть покоится на четырех опорных точках.

Такая форма ракеты в корне меняла традиционное представление о ее старте. Обычно ракета опирается торцом на пусковое устройство и, поднимаясь, сразу же оставляет за своим «хвостом» все элементы конструкции «старта». По этой же схеме стартовая система должна поддерживать ракету до тех пор, пока ее двигатели не выйдут на основной режим тяги, а как только ракета устремится вверх — за несколько секунд освободить ей путь в небо.

Как правило, на начальных участках движения ракета еще не обладает достаточной стабилизацией и сильный ветер или неравномерная тяга двигателей могут отклонить ее от строго вертикального подъема. Поэтому для каждого типа ракеты



существуют свои границы безопасной зоны старта. Ракета должна иметь «коридор», через который она могла бы безопасно стартовать. Это значит, что все элементы стартового сооружения должны располагаться только за пределами этого коридора, а опоры, на которых ракета будет висеть до старта, нужно отводить, когда мимо них будет «проплывать» ее хвостовая часть. Подобные ограничения определили диаметр проема в стартовом сооружении для «хвоста» ракеты и внутренний диаметр кольцевого основания стартовой системы.

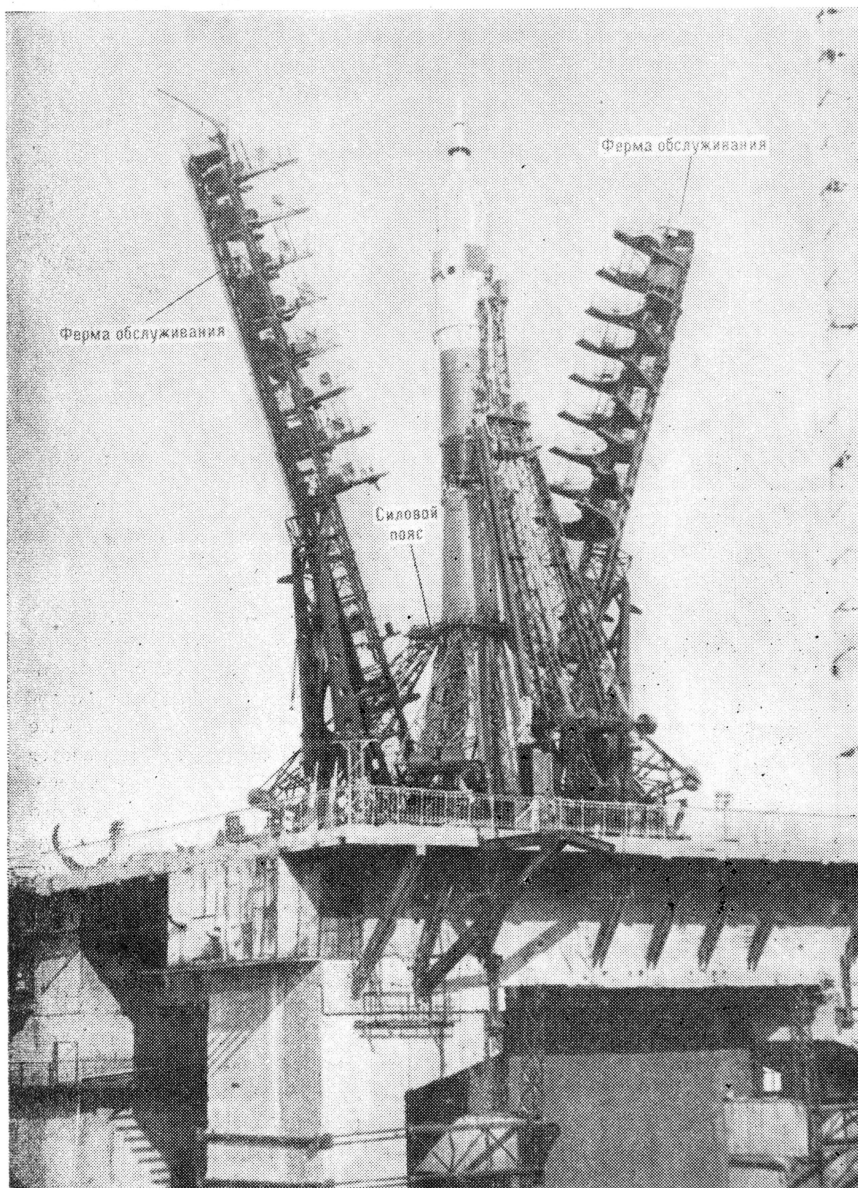
Опорная конструкция стартовой системы выглядит так: в плоскости опор подвески тело ракеты свободно охватывает силовой пояс, состоящий из четырех опорных ферм, шарнирно закрепленных на основании стартовой системы. Когда силовой пояс сом-

кнут, из этих отдельных четырех частей образуется жесткая конструкция, надежно удерживающая многотонную ракету. Внешне конструкция напоминает усеченную пирамиду, внутри которой висит ракета. Своим весом она удерживает пирамиду в сомкнутом положении. Ракета, свободно висевшая на стартовой системе, может раскачиваться, как маятник, под действием ветра или неравномерной тяги двигателей. Поэтому могут возникнуть недопустимые перегрузки в опорных элементах ракеты, нарушиться первоначальная ориентация ее в пространстве. Чтобы избежать этого, ракету фиксируют у

■
Установка ракеты в вертикальное положение. Опорные элементы стартовой системы, мачты и фермы обслуживания отведены

основания, возле стабилизаторов в четырех точках. Шарнирно закрепленные устройства, на которых зафиксирована ракета, как и опорные элементы пирамиды, отсоединяются от ракеты при ее начальном движении и под действием собственного веса убираются в стороны. Пирамида поддерживает ракету до тех пор, пока ее двигательные установки не наберут достаточную тягу, способную поднять ракету и придать ей уверенное начальное движение. Как только ракета начнет движение, пирамида размыкается и четыре опорные фермы, из которых она составлена, за несколько секунд отходят за пределы стартового «коридора», освобождая путь ракете.

При старте космических ракет хорошо видно, как отбрасываются от ракеты опорные фермы и она в клу-



бах огня и дыма медленно отрывается от Земли. Когда на космодроме впервые провели испытания на раскрытие пирамиды, ее называли «тюльпаном».

Говорят, чем проще конструкция, тем она надежнее. Именно такими качествами и обладает стартовая система. За два десятилетия космической эры было создано много различных кораблей и спутников, но «тюльпан» надежно обеспечивал и обеспечивает им начало пути на космических трассах.

Стартовая система оборудована кабельной и заправочной мачтами. Само название определяет их назначение. По одной из них проходят кабели для питания ракеты-носителя электроэнергией до старта, по другой — коммуникации для подачи топлива и кабелей телеметрии к космическим объектам. Когда демонстрируются кадры пуска ракеты, зрители видят, как за несколько секунд до старта мачты отбрасываются в сторону от борта ракеты.

ПРЕДСТАРТОВАЯ ЛАБОРАТОРИЯ КОСМОДРОМА

Особое значение в стартовом комплексе имеют средства обслуживания. Они обеспечивают доступ обслуживающего персонала к местам

■
Ракета установлена на стартовой системе. Подведены кабельная и заправочная мачты. Подводятся фермы обслуживания. В нижней части фотографии виден козырек стартового сооружения

подсоединения заправочных систем, электрических и пневматических разъемов, к ракете, а также подачу приборов, приспособлений на различную высоту. Со средств обслуживания (фермы обслуживания и кабины обслуживания) начинается последняя проверка ракеты перед стартом.

Ферма обслуживания — это две колонны высотой почти с ракету, шарнирно закрепленные на основании стартовой системы. В рабочем положении из них получается своеобразный портал с площадками на различных уровнях, внутри которого находится ракета. Площадки свободно охватывают ракету и дают возможность обслуживать ее со всех сторон. Некоторые площадки имеют замкнутое пространство, где создаются зоны микроклимата для работы при больших перепадах температур. С самой верхней площадки космонавты садятся в корабль. Перед пуском ракеты портал размыкается и каждая половина фермы опускается до горизонтального положения в разные стороны.

Кабина обслуживания — это громадная платформа, которая перекрывает весь проем стартового сооружения ниже ракеты. Она создает под ракетой подвесное рабочее место для ее обслуживания. Многоярусные выдвижные площадки кабины обеспечивают свободный доступ к многочисленным местам обслуживания хвостовой части ракеты.

ПОСЛЕДНИЕ ПРИГОТОВЛЕНИЯ

Подготовка ракеты к пуску начинается с транспортировки ее блоков и космических кораблей и аппаратов

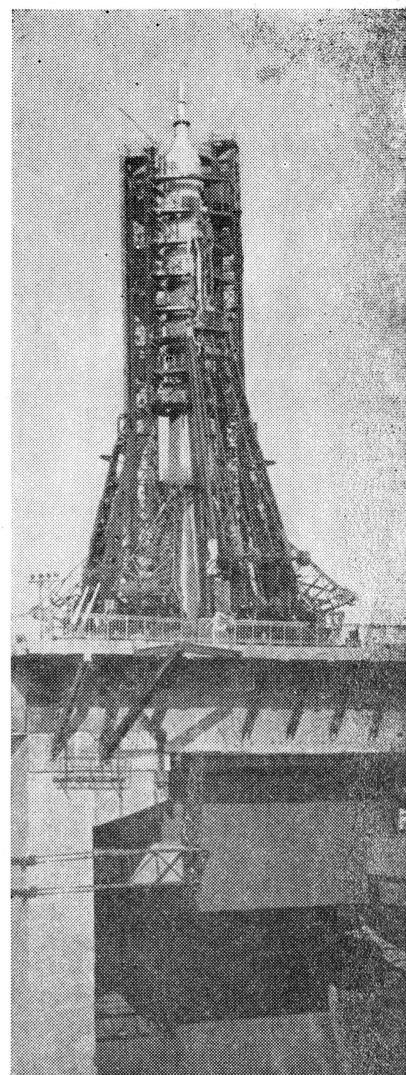
в специальных железнодорожных вагонах с заводов-изготовителей. На космодроме они поступают в монтажно-испытательный корпус. Здесь царство чистоты. Это подчеркивают и белые халаты сотрудников.

Монтажно-испытательный корпус космодрома, где ракета обретает окончательный вид, знакомый нам по экранам телевизоров, фотографиям, кинорепортажам, оснащен различным оборудованием, контрольно-испытательной аппаратурой и приборами, обеспечивающими доскональную проверку «жизнедеятельности» ракеты и космического корабля в предстоящем полете.

Наконец, все блоки ракеты проверены. Проведена последняя операция — к ракете пристыкован космический корабль. После этого испытывают ракетно-космическую систему в целом, и ракета и корабль готовы к вывозу на стартовую площадку.

Мощные мостовые краны укладывают их на транспортно-установочный агрегат — **установщик**. Раскрывается проем монтажно-испытательного корпуса, и установщик медленно направляется на стартовую площадку. Кажется, будто фантастический корабль плывет по степным просторам. А на площадке уже все готово к приему ракеты с кораблем. Стартовая система приведена в исходное положение: опорные фермы разведены, кабельная и заправочная мачты отведены, а колонны ферм обслуживания опущены.

Последние метры установщик проходит по калиброванному пути. Самоходные тележки подтягивают его с миллиметровой точностью. Рама — основание установщика — подвешива-



вается на домкратах и жестко крепится к фундаменту. Затем — подъем. На пульте установщика нажата кнопка управления насосной станцией гидравлической системы. И вот гигантское серебристо-белое тело ракеты поплыло вверх. Через несколько минут она уже стоит вертикально в проеме стартового сооружения. Поистине надо обладать стальными

Ракета в последний период подготовки к пуску. Виден козырек стартового сооружения и начало газоотводного канала



«мышцами», чтобы держать ее в таком положении с точностью до миллиметра. Громадина-установщик выполняет эту операцию с ювелирной точностью.

На стартовую систему подано напряжение. Включаются насосные установки подъема опорных ферм. И четыре фермы одновременно поднимаются, приближаясь своими секторами к ракете. Следящие системы строго синхронизируют их движение. Силовой пояс охватывает тело ракеты, «лепестки тюльпана» смыкаются. Теперь можно передать ракету и корабль с установщика на стартовую систему. Размыкаются связи ракеты со стрелой установщика. Стрела опускается в исходное положение, а установщик возвращается в монтажно-испытательный корпус.

После окончательного закрепления ракеты на стартовой системе поднимаются колонны ферм обслуживания. К борту ракеты подводятся кабельная и заправочная мачты, подсоединяются рукава заправочных систем, пневматические колодки газовых коммуникаций и штепсельные разъемы кабельных цепей.

Проверяется «вертикальность» ракеты. Если обнаружатся отклонения, включается система стабилизации, которая установит почти тысячетонное сооружение с точностью до нескольких угловых секунд в нужное положение. Это облегчается тем, что стартовая система как бы «плавает» на гидравлических подвесках.

Очень ответственный этап подготовки ракеты к старту — заправка ее топливом и сжатыми газами. С этого момента все подчинено строгой технологической последовательности.

Основную роль играет логическая схема, которая заложена в схему управления заправкой. Она строго следит за тем, чтобы каждая машина, агрегат, механизм и прибор точно выполняли свои функции.

Центр управления заправкой сосредоточен в бункере, где размещены пульта управления, контроля и сигнализации. Мигание контрольных лампочек сигнализирует о ритмичной работе заправочных систем. Процесс заправки отображается на световых мнемонических схемах. Мощные насосные установки по магистральным трубопроводам с большой скоростью подают топливо из хранилищ в стартовое сооружение. Отсюда по отдельным рукавам, подсоединенным к борту ракеты, топливо попадает в ее баки. Одновременно ракета снабжается сжатыми газами.

Измерительные приборы, стоящие в разных местах заправочных коммуникаций, строго контролируют параметры подаваемых компонентов: температуру и давление в различных точках топливных магистралей, скорость подачи, уровень и объем.

ПЕРЕД СТАРТОМ

Закончена заправка ракеты. На стартовой площадке выполняются последние операции по подготовке ее к пуску. От ракеты отсоединяются заправочные коммуникации, убирается в нишу кабина обслуживания, опускаются в горизонтальное положение колонны фермы обслуживания.

Объявляется пятнадцатиминутная готовность. Обслуживающий персонал покидает стартовую площадку. Приблизительно за пять минут до

старта подается первая команда, которая, как эхо, разносится внутренней связью по космодрому:

— Ключ на старт!

В бункере на центральном пульте контроля и управления поворачивается ключ в положение «Старт». Начинается автоматизированный цикл предпусковых и пусковых операций. Подается вторая команда:

— Протяжка один!

Телеметрическая система «опрашивает» тысячи датчиков, установленных во всех уголках ракеты.

— Продувка!

Каналы системы подачи горючего и двигатели продуваются азотом. Примерно за минуту до старта подается команда:

— Ключ на дренаж!

Закрываются все дренажные устройства на борту ракеты. Прекращается питание топливных баков из наземных систем заправки.

— Пуск!

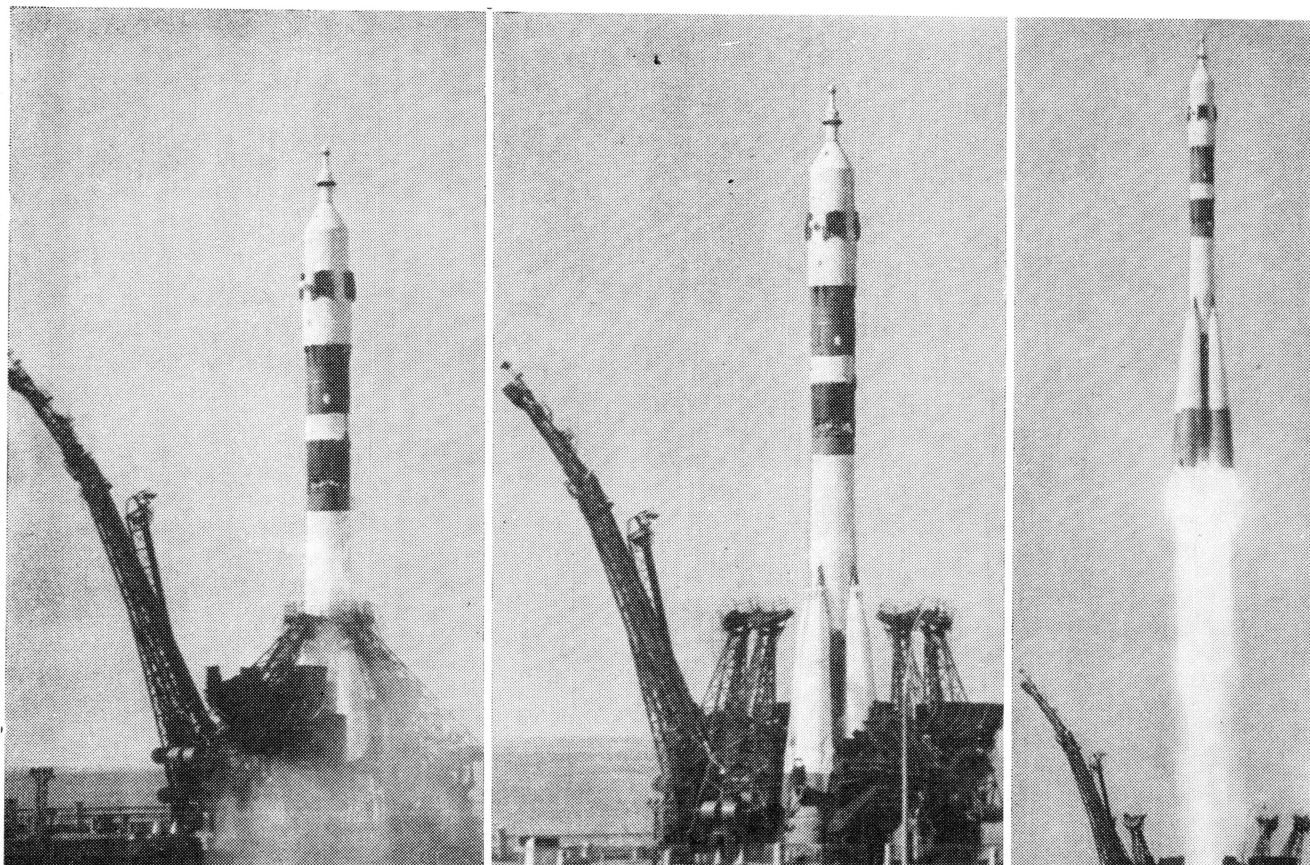
Но это еще не пуск ракеты, а только полная готовность к нему. С этого мгновения включаются бортовые системы управления ракетой.

— Протяжка два!

Записывается состояние всех бортовых систем уже в режиме автономной работы — последний контроль.

— Контакт Земля — борт!

На экранах телевизоров видно, как отходят заправочная, а затем кабельная мачты. Бортовые системы космического корабля и ракеты переводятся на автономное управление и бортовое питание. В микрофонах и репродукторах слышны сигналы отсчета времени. Последние секунды перед стартом!



Включается временной механизм пульта управления. С этого момента время старта соответствует расчетному с точностью до сотых долей секунды.

— Зажигание! — разносится по связи.

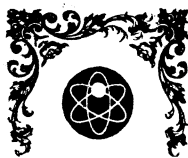
Огромное пламя вспыхивает у основания ракеты. Лавина огня заполняет

проем стартового сооружения. Она с грохотом обрушивается в газоотводный канал. Нарастает невероятной силы шум — начала работать двигательная установка.

И наконец, самая волнующая команда: «Старт!» Мгновение — и стартовая система, словно почувствовав, что ракета набрала достаточно сил, чтобы устремиться в космос, легко размыкает свои «объятия», освобождая ей дорогу.

Окутанная облаками дыма, ракета отрывается от Земли. Двадцать миллионов лошадиных сил понесут ее в космос. Она движется все быстрее и быстрее. Затихает рокот двигателей. Исчезает в небе светящаяся точка.

Старт и начало полета ракеты



ИЗ ИСТОРИИ
НАУКИ

Кандидат физико-математических наук
В. Л. ЧЕНАКАЛ

Когда появились на Руси солнечные часы

Солнечные часы были известны еще в VII веке до нашей эры. С тех пор они видоизменялись и совершенствовались. И хотя в последние столетия изготавливается много механических часов различных конструкций, интерес к солнечным часам не утратился. Их и сейчас устанавливают для всеобщего обозрения на домах, площадях, в парках и скверах.

Ранее считалось, что солнечные часы на Руси появились в XV веке, но не так давно было сделано открытие, отодвинувшее это время на четыре столетия.

Из архитектурных памятников Киевской Руси к наиболее древним относятся Спасо-Преображенский собор в Чернигове (1036 г.), Спас на Берестове (1080 г.), Софийский собор (1037 г.) и церковь Михаила Выдубецкого монастыря в Киеве. Все эти церкви имеют (или имели) у своего северо-западного угла цилиндрические башни. Из этих башен ход вел на церковные хоры.

Когда в 1969 году в Чернигове приступили к ремонту Спасо-Преображенского собора, то при расчистке наружной стены башни, носящей название Красный терем, был обнаружен декор.

Историк и художник Г. И. Петраш попытался расшифровать декор. После тщательного исследования он установил, что двухъярусная система неглубоких ниш и своеобразный орнамент — это элементы уникальных цилиндрических солнечных часов: «Солнце, проходящее за 1 час 15° по эклиптике, обходит Землю за 24 часа. При диаметре башни солнечных часов 8,6 м ее окружность равна $8,6 \times 3,14 \approx 27$ м. Отсюда ширина

нижних ниш и равных им интервалов (расстояние между нишами — В. Ч.) должна быть $27:24=1$ м 12 см, что почти точно соответствует натуре. Верхние малые ниши, по-видимому, практически подогнаны так, что каждая вместе с интервалом равна 1 м 12 см».

Семь ниш, последовательно каждый час освещаемые Солнцем, обеспечивают показания часов с 11 до 17 часов летом и с 10 до 15 часов — осенью и зимой, когда в работу включаются и ниши нижнего яруса, а также выступы-водоотливы, орнаментированные знаками Зодиака.

Следует сказать несколько слов об имеющихся на поверхности башни знаках Зодиака и их назначении. Над верхними малыми нишами башни Спасо-Преображенского собора тянется полоса орнамента, прерываемая крестами. Это — знак зодиакального созвездия Рака. Солнце находится в созвездии Рака в июне. По-видимому, и верхние ниши «работают» точно в июне месяце.

Над нижними нишами также расположены знаки Зодиака. Из-под штукатурки проглядывает половина знака созвездия Льва. В это созвездие Солнце вступает 11 июля. Полностью видны знаки созвездий Овна (Солнце в созвездии бывает в марте) и Тельца (в апреле). В марте и апреле для определения времени используются нижние ниши.

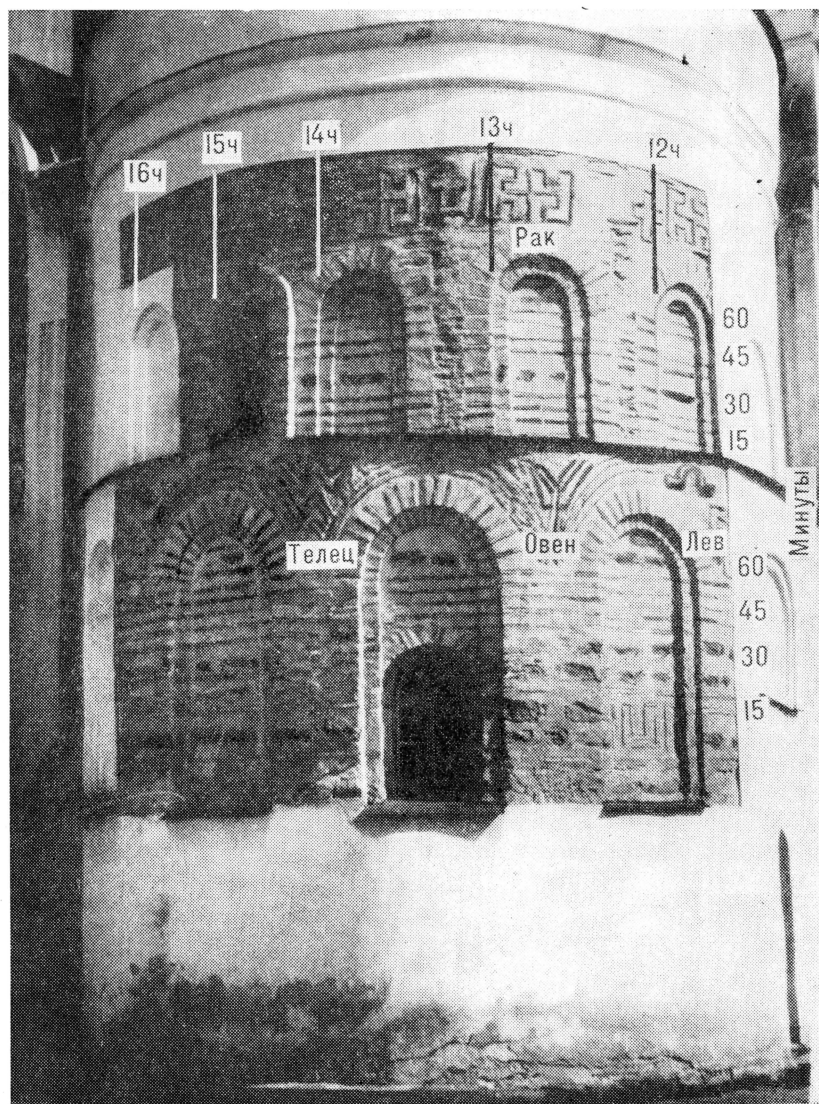
Часовой «механизм», действующий около 940 лет, работает так: обходящее башню Солнце гонит перед со-

бой отступающую тень. Вот она, перемещаясь, например, через третий правый от зрителя наличник двухчасовой ниши (см. рисунок), освещает выступающую верхнюю грань левого наличника; небольшая полоска света, подобно часовой стрелке, бежит вверх по граням и ведет за собой меньшую стрелку углубленной грани. Поднимаясь постепенно к своду ниши, они отмеривают, какая часть второго часа минула. Через полчаса уже будет освещена половина следующей ниши по вертикали или диагонали в зависимости от высоты Солнца над горизонтом. Через час Солнце переходит на наличник следующей трехчасовой ниши.

Цилиндр башни выложен горизонтальными рядами валунов, скрепленных раствором. Кладка характерна для начала XI века: один ряд камней (валунов) выступает, следующий ряд утоплен и т. д., а углубленное пространство заполняется специальным раствором. Получались светлые и темные полосы. Этого приема кладки не избежали и зеркала* ниш. Каждая ниша имеет наличник в два кирпича, очень точно выложенный на растворе радиальными кирпичами. Две полосы черных камней, опоясывающих всю башню, разделяют по горизонтали каждую из ниш на две части. Для более точного отсчета времени башня разделена еще десятью горизонтальными полосами из темно-красного кирпича, чередующегося со

* Г. Петраш. Годиннику 940 літ. Київ, «Наука і суспільство», № 1, 1975.

* Ниша обрамлена наличником, как зеркало рамой.



Красный терем Спасо-Преображенской церкви в Чернигове. Показаны

светло-розовым. Это — часовая шкала с делениями по 5 минут (десять поясов цветных и два пояса черных камней — всего двенадцать. 60 минут : 12 = 5 минут). Шкалу пересекают бегущие по граням наличников стрелки солнечного света.

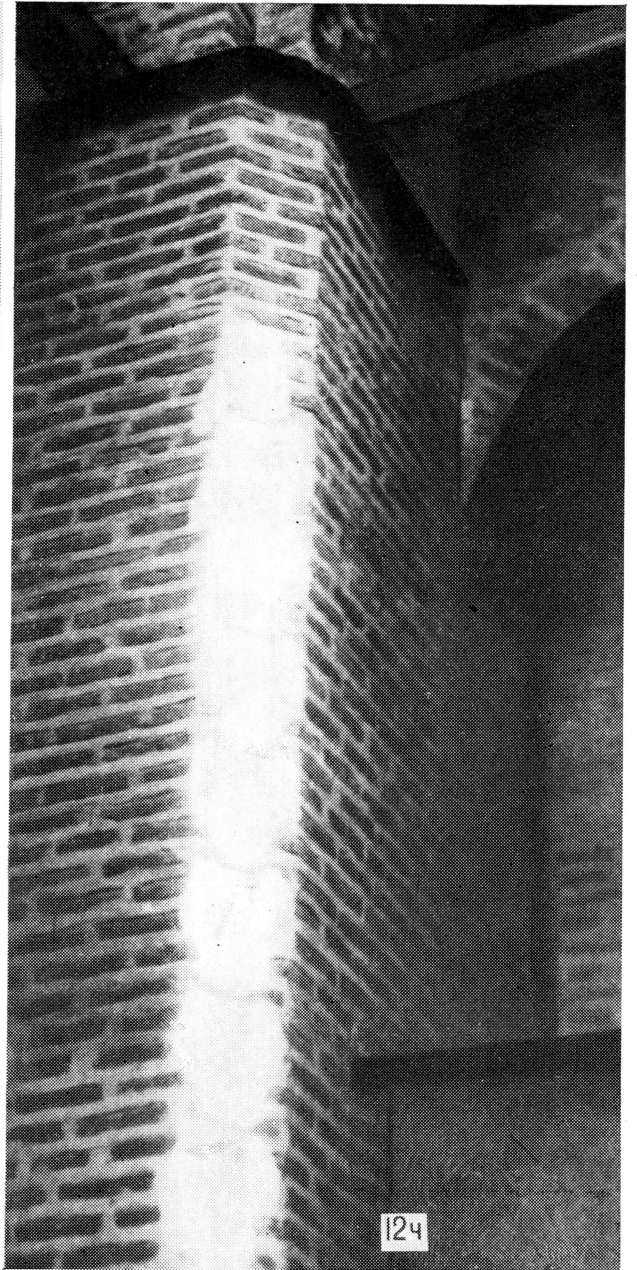
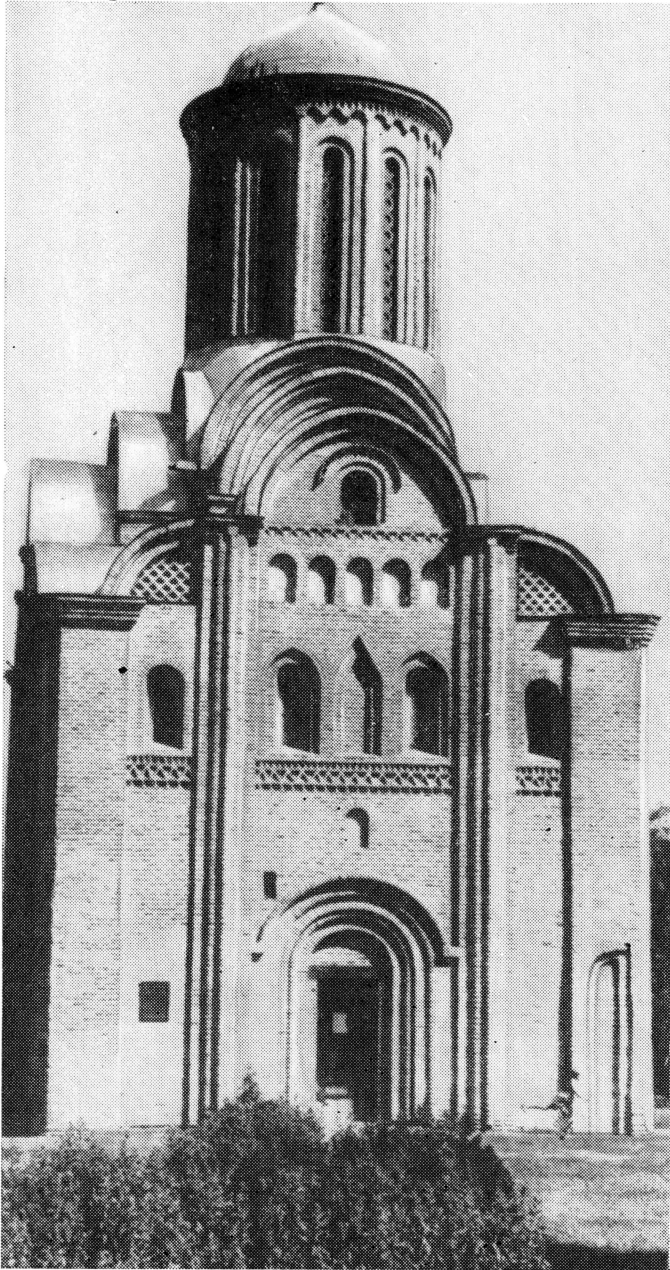
Над верхней четырехчасовой нишей нанесен крест, он отмечает время вечерни. В верхней трехчасовой нише проделано окно, чтобы звон колокола, отбивавшего часы, можно было слышать издали.

Не исключено, что и в других городах церкви с круглыми башнями имели солнечные часы, но после многочисленных реставраций часы оказались погребенными под толстым слоем штукатурки.

Г. И. Петрашу хотелось найти подтверждение тому, что черниговские солнечные часы — не единственные часы культовых построек. Он продолжил свои поиски и обнаружил солнечные часы, правда иначе устроенные, еще в трех церквях Чернигова: в Успенском соборе Елецкого монастыря (1060 г.), Соборе Бориса и Глеба (1123—1125 гг.) и Пятницкой церкви (1180 г.). Все эти культовые постройки имели солнечные часы внутри зданий. Солнечные лучи, проникая последовательно сквозь проемы 12-оконого купола, в определенное время освещали алтарь и детали интерьера.

Блестяще была решена задача создания солнечных часов в Пятницкой

элементы цилиндрических солнечных часов. Летом время отсчитывалось по верхним нишам башни, зимой — по нижним





церкви. Архитектор использовал в качестве циферблата часов столбы и паруса*, стрелками служили лучи Солнца, проникающие поочередно через окна церковного купола. Время отсчитывалось с 5—6 до 18—19 часов благодаря редкой ориентации здания. Его продольная ось соответствовала направлению лучей Солнца в 13 часов дня (по солнечному времени) в день летнего солнцестояния 22 июня. Как и солнечные часы с гномоном, часы Пятницкой церкви отсчитывают время слева направо.

Во времена Киевской Руси культовые постройки с солнечными часами имелись в Киеве, Владимире, Ярославле, Новгороде, Суздале, Ростове, но все они, к сожалению, до нашего времени не сохранились.

* Парус — треугольники, образуемые при переходе от столбов, которые поддерживают купол, к окружности купола.

Пятницкая церковь в Чернигове, увенчанная 12-оконным куполом

Показания солнечных часов Пятницкой церкви в полдень. Проникая сквозь окна купола, солнечные лучи в разное время освещают различные детали интерьера церкви

СВЕТОВЫЕ ВСПЫШКИ ОТ ПУЛЬСАРА

Пульсар PSR 0833—45 в южном созвездии Парусов — объект замечательный во многих отношениях. Период его радиопульсаций, равный 0,089 секунды, один из самых коротких (рекорд принадлежит пульсару в Крабовидной туманности — 0,033 секунды). Известно, что чем короче период, тем моложе пульсар. Возраст PSR 0833—45, вероятно, меньше 10 000 лет. Этот пульсар, по-видимому, связан с протяженной областью радиоизлучения и оптической туманностью, которая осталась на месте когда-то вспыхнувшей сверхновой. С остатком сверхновой связан и пульсар в Крабовидной туманности. Это сходство двух объектов заставляло исследователей упорно искать световые вспышки от PSR 0833—45. Ведь такие вспышки пульсар в Крабовидной туманности испускает каждые 0,033 секунды.

Поиски были затруднены крайне слабым блеском пульсара в оптическом диапазоне (25-я звездная величина!). Наблюдателям, работавшим на 3,9-метровом англо-австралийском телескопе в обсерватории Сайдинг Спринг (Австралия), пришлось проявить большую изобретательность, чтобы зарегистрировать световые вспышки от PSR 0833—45.

Из радионаблюдений положение пульсара известно с точностью до 1 секунды дуги. На 3,9-метровом телескопе наблюдались четыре области в окрестности пульсара, каждая поперечником в 5 секунд дуги. Фотоэлектрический фотометр принимал излучение исследуемой области, сравнивал его с излучением фона

неба в такой же области по соседству. Число фотонов регистрировалось на магнитной ленте каждую миллисекунду, затем эти данные анализировались ЭВМ.

В двух перекрывающихся областях были обнаружены световые пульсации с периодом 0,089 секунды. Центр одной из этих областей совпадает с положением пульсара. Световые импульсы имеют два пика, причем слабый опережает сильный на 0,022 секунды. Напомним, что радиопульсы PSR 0833—45 однопиковые.

Участок неба, перекрываемый двумя исследованными областями, содержит голубую звезду 23,7 звездной величины. Ее обнаружил в 1975 году Б. Ласкер на фотографии, сделанной 4-метровым телескопом обсерватории Серро Тололо (Чили). Звезда находится в пределах 1,7 секунды дуги от пульсара. Ласкер первый предположил, что звезда — оптический двойник пульсара, но его попытка зарегистрировать от нее световые вспышки оказалась безуспешной. Наблюдения, выполненные в январе 1977 года англо-австралийской группой астрономов, показывают, что пульсар следует отождествлять именно со звездой Ласкера.

«Sky and Telescope», 54, 1, 1977.



Николай

Александрович

Морозов

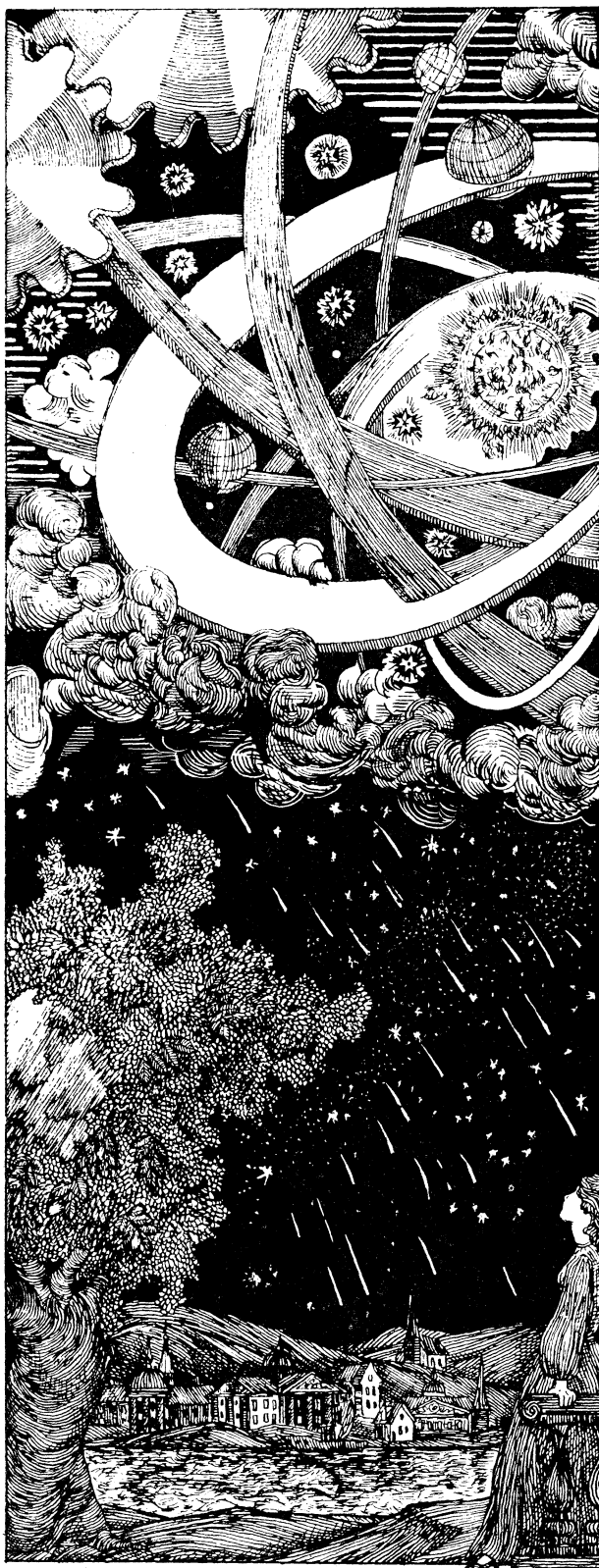
(1854–1946)

ЗВЕЗДЫ

На земле покой и нега,
Над рекой стоит туман,
В небесах сияет Вега
И горит Альдебаран.
Скоро станет ночь светлее
С первым проблеском зари.
Выйди ж, милая, скорее,
И на звезды посмотри!
В глубине лазури чистой
С незапамятной поры
Всюду пылью золотистой
Блещут дальние миры!
В небесах кругом движенье,
А в душе сияет вновь
Вечной жизни отраженье —
Наша чистая любовь.

КОМЕТЫ

Вокруг сияющего света,
Что вечно льет источник дня,
Кружатся легкие кометы,
Как мотыльки вокруг огня.
Носясь среди планетной сферы,
Они недолго в ней живут,
Семьи небесной эфемеры,
Они свиданья с Солнцем ждут.
Их жизнь — мечта, стремленье
к свету,
Лучистый шар — их идеал,
К нему толпой летят кометы,
Чтоб он на миг им счастье дал.
Но Солнца жгучие лобзанья
Не для кометных нежных тел;
Недолго длятся их свиданья,
И все находят свой удел.
Сгорают их мечты и грезы
Под жгучим солнечным лучом.
И часто падают их слезы
К нам с неба огненным дождем.
10 января 1910 г.



ПЛАНЕТЫ

В бездонном пространстве Вселенной,
Где блещет звезда за звездой,
Несутся стезей неизменной
Планеты во мгле мировой.

Им прочно сомкнула орбиты
Работа таинственных сил,
И газовой дымкой обвиты
Поверхности дивных светил.

Путей их предвечны законы...
Сменяются ночи и дни,
Проходят веков миллионы,
Но мчатся, как прежде, они.

Лишь жизни их тайной дыханье
Творит беспредельность существ,
Вливая любовь и сознание
В созданья стихийных веществ.

И, полные к свету влеченья,
Стремясь неотступно вперед,
Свершают на них поколенья,
Как волны, торжественный ход.

Им властно дала бесконечность
Веление жизни: живи!
И жизнь переносится в вечность
Великою силой любви.

И быстры планет измененья,
И долгод всеенский их путь,
Могучий закон тяготенья
Меняет их мощную грудь.

Другие ряды элементов
На смену отжившим придут,
Влиянья иных реагентов
Грядущую жизнь создадут.

И жадно со дна атмосферы
Во мраке планетных ночей
Направятся в горные сферы
Опять миллионы очей,

И, новою жизнью одеты,
Как прежде, одна за другой
Все будут носиться планеты
Предвечной стезей мировой.

Рисунок В. Перельштейна



Крымскому обществу любителей астрономии 30 лет

ЮБИЛЕЙНЫЙ СЛЕТ

В 1976 году любители астрономии Крыма отметили несколько юбилейных дат. С каждой из этих дат связан определенный этап развития малой (любительской) астрономии в Крыму. Исполнилось 30 лет Крымскому обществу любителей астрономии, 25 лет Крымскому отделению ВАГО, 20 лет Метеорной станции имени Г. О. Затейщикова, 15 лет областной юношеской обсерватории. Инициатива в организации этих обществ, в строительстве наблюдательных станций принадлежит членам Симферопольского общества любителей астрономии, которое было создано в 1946 году при областной Станции юных техников («Земля и Вселенная», № 6, 1965, с. 76—82.—Ред.). Сейчас Крымское общество любителей астрономии — самая активная секция Малой академии наук «Искатель». Эта академия была организована в 1961 году. В ней помимо астрономической действуют секции физики, математики, кибернетики, биологии и другие.

Итоги многолетней деятельности любителей астрономии Крыма были подведены на юбилейном слете 19—21 ноября 1976 года. В работе слета участвовало 300 человек: школьники, учителя, руководители астрономических кружков, представители Крымского обкома ЛКСМ Украины, Областного отдела народного образования, Крымской астрофизической обсерватории АН СССР, отделений ВАГО. Пленарные и секционные заседания проходили в залах областного Дворца пионеров и школьников, в помещении юношеской об-

серватории. Участники слета посетили Крымскую астрофизическую обсерваторию, в которой работают и воспитанники Симферопольского общества любителей астрономии.

Юные участники слета прочитали 35 научных докладов. В докладах освещались не только астрономические вопросы, но и демонстрировалась связь современной астрономии с другими науками. В своих выступлениях заведующий Крымским отделом народного образования В. Е. Потехин, президент Малой академии наук «Искатель» кандидат педагогических наук В. Н. Касаткин, представители ЛКСМ Украины дали высокую оценку работе Крымского общества любителей астрономии и особо подчеркнули заслуги общества в деле коммунистического воспитания молодежи.

УНИКАЛЬНЫЙ РЯД НАБЛЮДЕНИЙ МЕТЕОРОВ

В телеграмме, присланной на юбилейный слет, дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР В. И. Севастьянов писал: «Работы вашего общества в области метеорной астрономии широко известны в нашей стране и за рубежом. Ваши наблюдения являются необходимым дополнением исследований околоземного космического пространства, выполняемых с борта космических аппаратов». За 30 лет юные астрономы Крыма зарегистрировали 300 000 метеоров. Уникален ряд визуальных наблюдений метеоров, полученный в Крыму. Главные достоинства этих наблюдений — систематичность, однородность, комплексность,

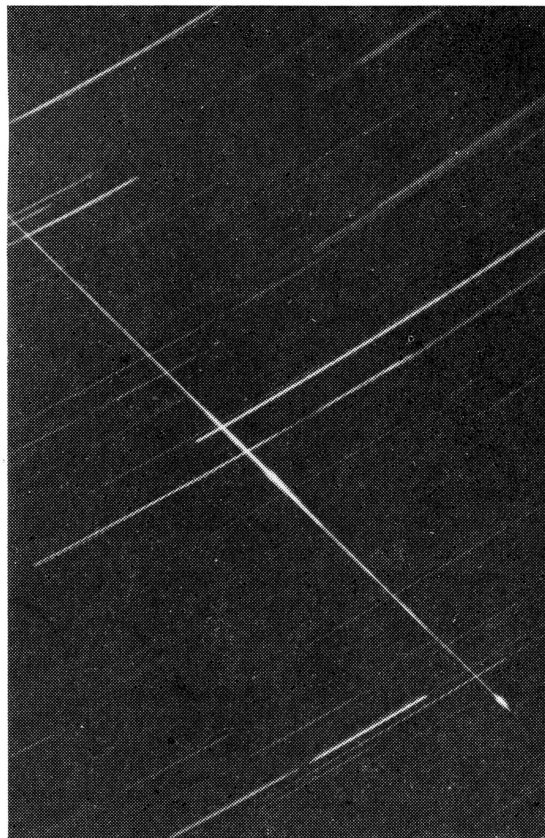
квалифицированность и надежность.

Изучение метеоров — основное направление научной работы Крымского общества любителей астрономии. За 30 лет общество организовало 68 метеорных экспедиций, 200 метеорных кампаний и сотни наблюдений по программе службы неба. В исследованиях метеоров неукоснительно соблюдается принцип преемственности: старшие передают свой опыт начинающим наблюдателям.

Среди юных астрономов Крыма много хороших наблюдателей, и если раньше в метеорные экспедиции могли попасть все желающие, то теперь проводится конкурсный отбор. Каждой экспедиции предшествуют тренировочные наблюдения, в которых участвуют не только начинающие, но и опытные наблюдатели. Режим дня экспедиционного лагеря четок. Все делается для того, чтобы ребята нормально работали и отдыхали. В летние месяцы наблюдения в лагере ведутся, как правило, на протяжении 22 ночей.

В крымских метеорных экспедициях принимают участие наиболее опытные и трудолюбивые любители астрономии из других отделений ВАГО. И часто этим наблюдателям сопутствует успех. Например, во время экспедиции Н. Смирнов из Ярославля обнаружил новый метеорный поток эпсилон-Лирид, В. Фролов из Рыбинска — двойственность радианта потока Персеид, а москвич М. Шмелев получил уникальную фотографию яркого стационарного метеора, принадлежавшего потоку альфа-Персеид.

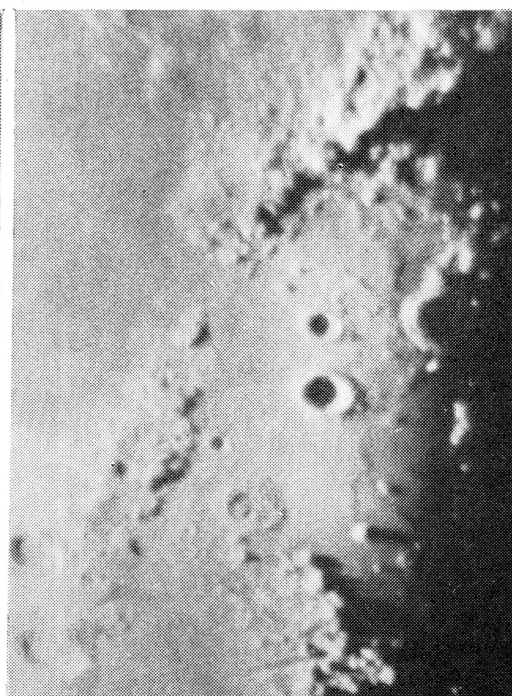
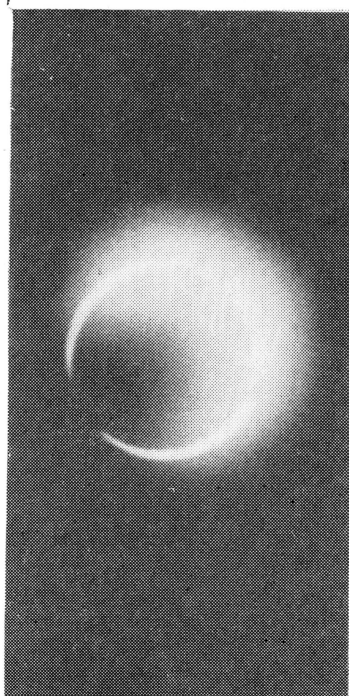
Но, пожалуй, к самым крупным



■ Метеорный патруль

Фото автора

■ Яркий метеор из потока Персеид. Снимок сделал В. Фролов — любитель-астроном из Рыбинска



■ Кольцеобразное солнечное затмение 29 апреля 1976 года. Затмение сфотографировал в Сальянах (Азерб. ССР) В. Дмитриев

■ Море дождей на Луне. Фотографию получила А. Ключкина на самодельном 267-миллиметровом рефлекторе

достижениям Крымского общества любителей астрономии следует отнести определение численности и распределения по массам ярких метеоров и болидов (звездные величины от $+3$ до -15). На это исследование ушло 20 лет — 4000 часов наблюдений! Результаты получены в абсолютных единицах: определено число метеоров для каждой звездной величины на 1 м^2 в секунду.

Не одними метеорами интересуются юные астрономы Крыма. На юношеской обсерватории наблюдают Солнце, планеты, солнечные и лунные затмения, покрытия звезд Луною. Систематически ведется поиск новых комет, звезд, регистрация ярких болидов и падений метеоритов. И не случайно воспитанники Симферопольского общества любителей астрономии С. Жительзейф и В. Якутович первыми в СССР обнаружили комету Кобаяси — Бергера — Милона («Земля и Вселенная», № 3, 1976, с. 42—49.—Ред.), а С. Ощепков был одним из первооткрывателей знаменитой Новой Лебеда 1975 года («Земля и Вселенная», № 3, 1976, с. 38—41.—Ред.).

Результаты наблюдений крымских любителей астрономии отражены в 55 научных статьях, опубликованных, в частности, в журнале «Астрономический вестник».

Несколько лет подряд в юношеской обсерватории и лаборатории астрономической техники строятся телескопы и приспособления для наблюдений. Этой работой руководят опытные инструкторы, но когда один из них ушел на пенсию, его заменил 14-летний А. Кистиченко. Ему и другим ребятам выпала честь

заканчивать установку 540-миллиметрового рефлектора.

Много самодельных телескопов и астрономических приборов создано юными астрономами. На этих инструментах К. Кабаков, А. Рачипа, С. Шаратов, И. Лагунов и другие постоянно ведут службу неба.



■
Занятие секции астрофизики Симферопольского общества любителей астрономии. Проводит занятие автор статьи

Девятиклассники А. Рачипа и В. Кравченко готовят в экспедиционную поездку малый астрограф
Фото П. Захарова



В последнее время Крымское общество любителей астрономии оказывает помощь кружкам и отдельным любителям астрономии в создании телескопов. Сейчас в СССР работает более 50 инструментов, зеркала для которых изготовили юные оптики из Крыма.

КАЖДОЙ ШКОЛЕ — АСТРОНОМИЧЕСКИЙ КРУЖОК

Крымское общество любителей астрономии осуществляет план «астрофикации» Крыма. Этот план предусматривает создание возможно большего числа астрономических кружков, юношеских обсерваторий, лабораторий и кабинетов астрономии.

Сейчас в Крыму активно работают астрономическая обсерватория Евпаторийской Станции юных техников, планетарий севастопольского Дворца пионеров и школьников, кабинет астрономии ялтинской Станции юных техников и астрономические кабинеты в некоторых школах. Метеорные экспедиции базируются на метеорной станции в Судаке.

К 1977 году в Крыму насчитывалось 50 отделений общества любителей астрономии. Из них активно функционируют 20. Особенно ус-

пешно протекает деятельность Симферопольского, Евпаторийского, Керченского, Первомайского отделений. Ежегодно в Крымском обществе любителей астрономии занимаются около 500 школьников.

Руководит работой юных астрономов комитет Крымского общества любителей астрономии. Комитет созывает слеты и областные конференции, организует экспедиции и



■ Копирование звездных карт

Фото П. Захарова

■ Ученый секретарь Крымской астрофизической обсерватории АН СССР В. М. Можжерин — один из научных консультантов Крымского общества любителей астрономии — осматривает макет 770-миллиметрового рефлектора

Фото И. Васильева



встречи с учеными, создает новые отделения общества и оказывает помощь астрономическим кружкам. С 1961 года в Крыму состоялось 50 слетов и конференций, в работе которых участвовало 3000 школьников, сотни коллоквиумов и практических занятий, охвативших 30 000 учащихся. Особенно эффективны практические занятия по общей астрономии, которые проводятся во время метеорных экспедиций. Используя школьные телескопы, самодельные астрографы, бинокляры и бинокли, юные астрономы осваивают методы наблюдений. На такие занятия отводится от 50 до 200 часов. Ребята тщательно изучают небо по звездным картам и атласам, узнают, как лучше организовать работу наблюдательных групп и астрономических кружков. Затем они сдают зачет по общей астрономии и элементам практической астрофизики.

В последние годы резко возрос интерес к астрономии у самых младших школьников — учеников 1–4 классов. Для них Крымское общество любителей астрономии организовало отдельную секцию. Многие ребята из младшей секции переходят в среднюю и старшую. Даже окончив школу, некоторые из них продолжают работать на юношеской обсерватории, участвовать в экспедициях, руководить астрономическими кружками в школах.

С 5–7 классов занимались в Симферопольском обществе любителей астрономии Н. Кремнева, А. Левина, В. Тимченко, А. Грищенко. Сейчас Н. Кремнева заканчивает Симферопольский университет, но почти каждый вечер она приходит в об-

серваторию, где руководит работой одной из метеорных групп. А. Левина, В. Тимченко и А. Грищенко стали штатными сотрудниками юношеской обсерватории, активными членами Крымского отделения ВАГО. Еще ученицей 8 класса Т. Михайличенко возглавила школьный астрономический кружок в поселке Войково. Сейчас этот кружок — активное отделение Крымского общества любителей астрономии. По инициативе юных астрономов созданы кружки в Джанкое, Феодосии, Бахчисарае, Гурзуфе, в поселках Нижнегорском, Рыбачьем, Фрунзенском, в селах Кольчугино, Сизовка, Воинка.

Много замечательных друзей у юных астрономов Крыма. Можно назвать десятки имен тех, кто способствовал успешному развитию Крымского общества любителей астрономии. Это — ученые и инженеры, учителя и рабочие, представители отделов народного образования и студенты. Большое внимание уделяют работе общества его председатель Н. И. Бондарь, директор Чайкинской средней школы Симферопольского района П. Ф. Есина, учитель физики и астрономии Желябовской средней школы Нижегородского района Л. В. Шевченко, руководитель астрономической обсерватории евпаторийской Станции юных техников Е. Н. Суплаков. 28 лет отдал развитию малой астрономии в Крыму один из организаторов Симферопольского общества любителей астрономии М. Е. Теплицкий (1901–1976), долгое время возглавлявший Севастопольское отделение ВАГО.

Деятельность общества находит поддержку и у профессиональных

астрономов — сотрудников Крымской астрофизической обсерватории АН СССР, Института астрофизики АН ТаджССР, астрономической обсерватории Одесского университета, Комитета по метеоритам АН СССР.

КРЫМСКАЯ ЮНОШЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

Центр работы Крымского общества любителей астрономии — юношеская обсерватория при областной Станции юных техников. С каждым годом пополняется оборудование обсерватории. Ее лаборатории — астрономической техники, оптики, радиоэлектроники, астрофизики, астрофотографии — постоянно оснащаются новыми приборами. Обсерватория имеет богатую библиотеку, архив научных наблюдений, вычислительную комнату, методический кабинет, солнечную станцию. В башнях и павильонах установлены 110-, 150-, 160-миллиметровые рефракторы, 267- и 540-миллиметровые рефлекторы, 16-камерный метеорный патруль. Скоро вступят в строй 200-

Областная юношеская обсерватория в Симферополе

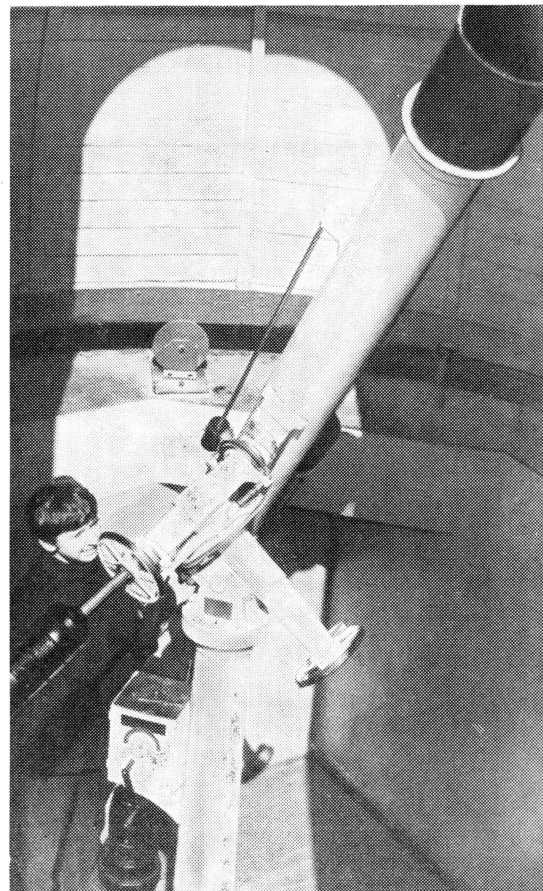
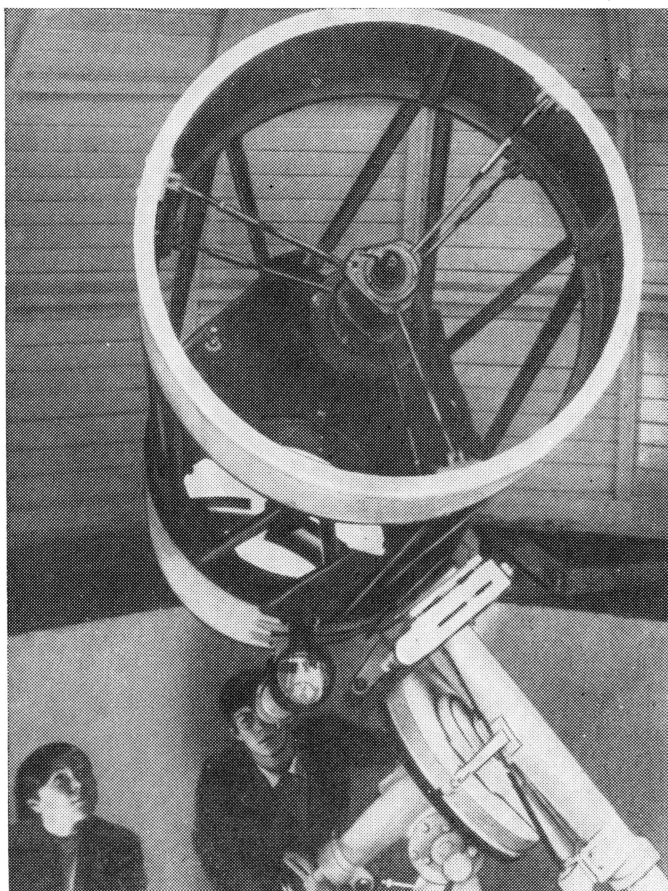
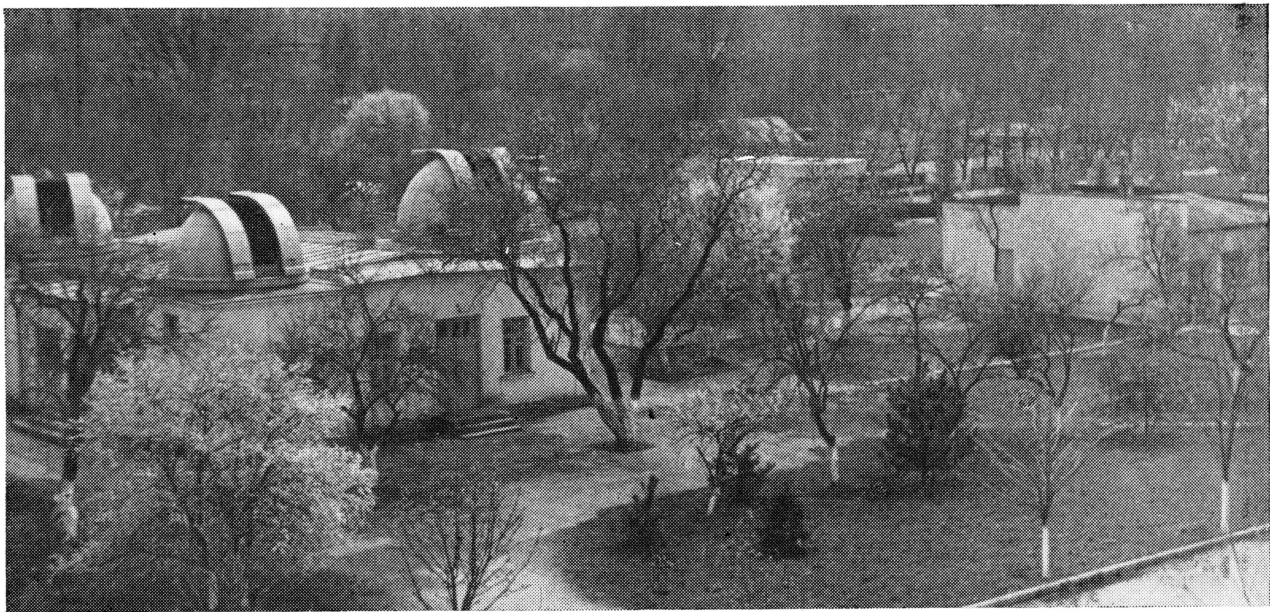
Фото П. Захарова

540-миллиметровый рефлектор, изготовленный членами Крымского общества любителей астрономии

Фото А. Шуста

150-миллиметровый самодельный рефлектор, установленный на юношеской обсерватории

Фото П. Захарова





миллиметровый менисковый телескоп, светосильная фотографическая камера (1:1), строятся астрографы с объективами диаметром от 80 до 180 мм.

Гордость обсерватории — минералогический музей, созданный членами клуба любителей природы. Музей — это своеобразный мостик между науками о Земле и Космосе. В его экспозиции есть и «небесные гости» — метеориты. Комитет по метеоритам АН СССР подарил их юным астрономам за успешное исследование метеоров и болидов.

Юношеская обсерватория всегда открыта для посетителей. Два — четыре раза в неделю на обсерватории проводятся экскурсии школьников. Экскурсанты слушают лекции по астрономии и космонавтике, наблюдают в телескопы Солнце, Луну, планеты и звезды, изучают образцы минералов, метеориты. Для ребят, живущих не в Симферополе, наблюдения устраиваются в ночь с субботы на воскресенье. Учителя и руководители астрономических кружков, которые сопровождают экскур-

сии, получают квалифицированные консультации по многим вопросам.

В ближайшие годы начнется реконструкция и расширение обсерватории. Намечено строительство планетария, помещения для минералогического музея и различных лабораторий. Вскоре предполагается организовать областной лагерь для юных астрономов и астрономическую станцию за пределами Симферополя. Станция будет оснащена 770-миллиметровым рефлектором, 300-миллиметровым рефрактором и спектральной метеорной камерой. Объективы телескопов уже изготовлены.

Крымское общество любителей астрономии продолжает развиваться. Его отделения созданы во всех крупных городах Крыма, во многих поселках и селах. К сожалению, вновь организованные отделения иногда существуют всего несколько лет, поскольку трудно подыскать хорошего руководителя и постоянное помещение для занятий. Но там, где созданы условия для работы, астрономические кружки и общества любителей астрономии действуют активно и целеустремленно.

**Председатель Крымского отделения
ВАГО
В. В. МАРТЫНЕНКО**

Легенды о звездном небе

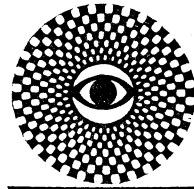
Пегас

В греческую мифологию легендарный Пегас пришел из сказаний, связанных с культом коня. Считалось, что именно лошади оставили следы на лике ночного светила. А поскольку Луна почиталась как источник воды, то и Пегас в мифах связан с источниками. Да и родился он от владыки водных просторов Посейдона. После того как Персей обезглавил горгону Медузу, из ее крови и морской пены возник снежно-белый крылатый скакун. Долгое время он принадлежал Беллерофонту — коринфскому герою, подвиги которого описал Гомер.

Вершились эти подвиги на земле Ликий. Ее правитель Иобат повелел Беллерофонту убить Химеру — трехголовое чудовище с львиным туловищем и хвостом дракона. Одна из ее голов — голова дикой горной козы — изрыгала пламя, которое опустошало землю и губило скот. Жила Химера на горе Каргос, куда добраться можно было только на крылатом коне. Поэтому Беллерофонт прежде всего попытался поймать такого коня. Однако это ему не удалось. Тогда он обратился к прорицателю Полииду. Тот посоветовал ему лечь спать в святилище Афины. Во сне к Беллерофонту явилась богиня, дала ему золотую уздечку и наказала, чтобы он непременно принес жертву Посейдону Донаю (укротителю). Проснувшись, Беллерофонт рядом с собой обнаружил уздечку. Он показал ее Полииду. Прорицатель повелел воздвигнуть алтарь Афине, принести жертву Посейдону, а затем уже отправиться к источнику Пирены — к водопою Пегаса. Там и поймал Беллерофонт крылатого скакуна. Герой

Инструктор юношеской обсерватории А. Левина проводит со школьниками занятия по геологии

Фото П. Захарова



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ
АСТРОНОМИЯ



оседлал его, взмыл ввысь и оттуда поразил Химеру стрелой из лука.

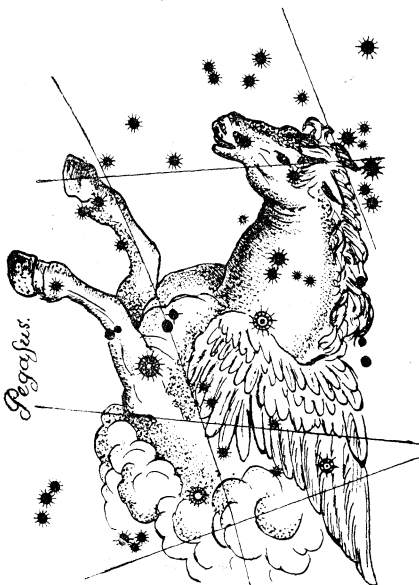
Много подвигов совершил Беллерофонт, и возгордился герой. Захотел он вознестись на Пегасе к богам Олимпа. Но Зевс не допустил этого. Пегас сбросил всадника и один поднялся на небо. Там он стал служить музам. Однажды, во время состязания муз со звонкоголосыми девушками из фракийской провинции Пие-рия, музы так восхитительно пели, что небо и звезды, зачарованные, остановились, а гора Геликон вздыбилась до небес. Посейдон приказал немедленно ее успокоить. Пегас ударом копыта укротил гору, но из-под копыта вдруг забил источник Иппокрена — конский источник. Позднее его стали называть источником поэтического вдохновенья.

На многих звездных картах — там, где находится созвездие Пегаса, изображена только передняя половина туловища крылатого коня, другая обычно скрыта облаками. Некоторые исследователи видят разгадку такого изображения в самом имени Пегас. Полагают, будто оно составлено из двух финикийских слов — «пег» (или «пега») и «сус», что вместе означает «взнузданный конь». Голова взнузданного коня украшала носы финикийских кораблей. Отсюда и пошла традиция рисовать на картах только половину конского туловища.

Другие исследователи усматривают в передней части крылатого коня остаток украшения корабля, который, должно быть, находился в этом секторе неба, именовавшемся в древности Морем. Так или иначе, но с IV—III веков до нашей эры название Пегас прочно утвердилось за созвездием. Впервые о нем упоминается в произведениях Евдокса и в стихотворном учебнике по астрономии «Феномена» Арата.

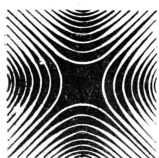
У разных народов существуют различные названия созвездия. Древние греки именовали созвездие Меланиппой (черная кобыла) или просто Иппон (лошадь). Известны многочисленные латинские названия: Беллерофонт, Копытное, Вьючная лошадь, Крылатый и др. Библейские адепты видели на месте созвездия лошадь Нимрода или осла, на котором Христос въехал в Иерусалим. В средние века созвездие Пегаса именовали Лошадью Люнебурга в честь герцогов Ганноверских. Арабам созвездие представлялось Лошадью совершенной — Аль Фарас аль Тамм.

И. И. НЕЯЧЕНКО



Созвездие Пегаса (Бахарах, «Астрономия», 1545)

Созвездие Пегаса (И. Байер, «Уранометрия», 1645)



КОСМИЧЕСКАЯ
ФИЛАТЕЛИЯ

Марки о советских исследованиях Красной планеты

1 ноября 1962 года по направлению к Марсу была запущена первая в мире межпланетная станция «Марс-1», положившая начало изучению планеты автоматическими аппаратами. Первым «почтовым» откликом на запуск станции была типографская надпечатка сиреневого цвета «Земля — Марс 1.XI» на одной из марок серии «Слава покорителям космоса!» (1962). 17 ноября 1962 года в обращение поступила марка «Межпланетная автоматическая станция «Марс-1» 1.XI.1962» и затем — маркированные конверты Министерства связи СССР (простой и авиа). Со станцией «Марс-1» радиосвязь поддерживалась до расстояния 106 млн. км, что для того времени было большим достижением. Этот знаменательный факт отражен на одной из марок серии «День космонавтики» (1964). На ней показана станция «Марс-1», а между стилизованными изображениями Земли и Марса — надпись: «106 млн. км». Схема полета «Марс-1» приведена на марке ПНР из серии «Исследование космоса» (1963). Автоматической межпланетной станции «Марс-1» посвятили почтовые миниатюры СРВ (1963), МНР (1964, 1975), ЧССР (1963) и другие страны.

В 1971 году были запущены межпланетные автоматические станции «Марс-2» и «Марс-3». От станции «Марс-2» отделилась капсула, доставившая на поверхность Марса вымпел с изображением Государственного герба Советского Союза. В левом верхнем углу марки из серии «Исследование и освоение космического пространства» (1972) показан этот вымпел. Спускаемый аппарат станции «Марс-3», совершивший впервые в





мире мягкую посадку на планету, отображен на другой марке этой серии.

Интересна почтовая миниатюра, выполненная по рисунку летчика-космонавта СССР А. А. Леонова и художника-фантаста А. К. Соколова. Сюжет марки: спускаемый аппарат на склоне дюн оранжевой пустыни. Над ним — темно-фиолетовое небо, а справа — космонавты и исследовательская база будущего. Издана мар-

ка в серии «15 лет космической эры».

В первый день выпуска почтовых миниатюр «Полет автоматических станций «Марс-2» и «Марс-3» в Москве применялся специальный штемпель (по рисунку И. Крылова) с надписью «Первый день» (на русском и французском языках).

Эскадре из четырех «Марсов» («Марс-4, -5, -6, -7»), стартовавших в июле — августе 1973 года, посвящена марка «Освоение космоса. Исследо-

вание планет Солнечной системы», поступившая в обращение 28 октября 1974 года.

На марке «Научные исследования в космосе» из серии «15-летие первого в мире полета человека в космос» мы вновь встречаемся со станцией типа «Марс». На эту же тему был издан конверт первого дня, с изображением автоматических станций «Марс» и «Венера».

Ко Дню космонавтики в 1976 году Министерство связи СССР выпустило авиаконверт. В верхней части рисунка на фоне Земли показана автоматическая станция «Марс», в нижней части — момент стыковки космических кораблей «Союз» — «Аполлон».

Нет сомнений, что советским космическим аппаратам, исследовавшим Марс, будет посвящена еще не одна почтовая миниатюра.

С. Б. АБРАМОВ

ФИЛОСОФСКИЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

В 1977 году издательство «Наука» выпустило в свет книгу «Современное естествознание и материалистическая диалектика», которая входит в серию книг «Материалистическая диалектика — логика и методология современного естествознания». К этой же серии относится уже известная нашим читателям книга «Философские вопросы астрономии XX века» («Земля и Вселенная», 1977, № 2).

Новая коллективная монография (ответственный редактор М. Э. Омеляновский) раскрывает роль и важнейшие функции диалектики в осмыслении и решении фундаментальных проблем современно-

го естествознания. В предисловии к книге подчеркивается, что «главная задача исследований философских вопросов естествознания нашего времени состоит в разработке методологических принципов наук о природе на основе развития материалистической диалектики, в анализе содержания и структуры современных естественно-научных теорий».

Книга состоит из четырех больших разделов. Первый — «Общие вопросы» — открывается статьей П. Н. Федосеева «Идеи Ленина и методология естествознания XX века». Сюда же вошла статья Э. М. Чудинова, посвященная революции в естествознании, а также статьи, авторы которых рассматривают философские основания математизации

знания и роль кибернетики в методах научного познания.

Второй раздел — «Проблемы физических наук» — содержит статьи, относящиеся к физике (Я. А. Смородинский «Развитие основных понятий в физике XX века», М. Э. Омеляновский «О взаимоотношении объективного и субъективного в квантовой теории» и ряд других), астрономии (В. А. Амбарцумян, В. В. Казютинский «Революция в астрономии XX века и ее философское значение»), космологии (В. В. Казютинский, А. С. Кармин «Проблема бесконечности Вселенной и современная космология»).

Третий раздел книги называется «Проблемы биологической науки», а четвертый — «Естествознание и экология».

НОВЫЕ КНИГИ



ЭВОЛЮЦИЯ СКОПЛЕНИЙ И ДВОЙНЫЕ ЗВЕЗДЫ

До сих пор считалось, что жизнь звездного скопления определяется в основном процессом испарения звезд. В результате сближения звезд часть их приобретает большие скорости и покидает скопление, которое медленно сжимается. На поздних стадиях эволюции, когда концентрация звезд в центре значительно превосходит концентрацию на границе скопления, возможно катастрофическое сжатие — коллапс ядра скопления. В этой картине эволюции не учитывалось влияние двойных звездных систем. Предполагалось, что их образование в скоплениях происходит только при тройных сближениях, которые очень редки. Однако недавно советские астрофизики Л. М. Озерной и В. И. Докучаев показали, что на протяжении всей жизни скопления в нем может сформироваться заметное число звездных пар в результате намного более частых двойных сближений звезд, что возможно, если принять во внимание действующие между звездами приливные силы. Появление большого числа двойных звезд существенно изменит картину эволюции.

Что происходит при взаимодействии пар с одиночными звездами скопления? Тесные пары отдают налетающей на них звезде часть своей энергии и становятся еще прочнее, а широкие пары разрушаются. Столкнувшись с прочными парами, одиночные звезды приобретают скорость, большую параболической, и покидают скопление. Таким образом,

в результате взаимодействия с тесными парами энергия звезд, а значит, и самого скопления увеличивается.

Как же эволюционирует скопление, в котором наряду с одиночными звездами существуют звездные пары? Пока в скоплении мало прочных пар, его ядро сжимается. По мере роста числа звездных пар, сжатие приостанавливается, а в дальнейшем может начаться расширение и даже разлет большей части скопления. В таких условиях коллапс и образование массивной черной дыры в центре скопления невозможны.

Л. М. Озерной и В. И. Докучаев оценили количество прочных звездных пар, которые могли сформироваться к настоящему времени в шаровых скоплениях и в ядре Галактики. В шаровых скоплениях при полном числе звезд 10^5 – 10^6 прочных пар должно быть 10^2 – 10^3 (в основном в ядре скопления, где они трудно наблюдаемы). Этого количества недостаточно для того, чтобы к настоящему моменту сжатие ядра типичного шарового скопления приостановилось. Только в самых массивных шаровых скоплениях, возможно, уже возникли условия для остановки сжатия ядра. Обычно предполагают, что именно в этих скоплениях, как правило, отождествляемых с вспыхивающими рентгеновскими источниками, в центре расположены массивные черные дыры. Л. М. Озерной и В. И. Докучаев считают более вероятным, что рентгеновское излучение в шаровых скоплениях обусловлено двойными звездными системами. Вспыхивающие рентгеновские источники, которые

не отождествлены с шаровыми скоплениями, могут быть парами звезд, находящимися в остатках развалившихся скоплений или выброшенными из них.

В ядре Галактики, по мнению авторов работы, выполняется условие, необходимое для прекращения сжатия ядра. Не исключено, что ядро Галактики находится уже в стадии векового расширения.

«Астрономический журнал», 55, 1, 1978.

НОВАЯ ОЦЕНКА ВОЗРАСТА МЕТАГАЛАКТИКИ

Лабораторные измерения сечений захвата нейтронов ядрами осмия-186 и осмия-187 позволили Д. Шрамму и К. Хайнебаху (США) сделать попытку уточнить возраст Метагалактики, то есть время, прошедшее с начала ее расширения.

Естественный радиоактивный изотоп рений-187 в результате бета-распада превращается в осмий-187 с периодом полураспада 40 млрд. лет, что гораздо больше периодов полураспада урана и тория. Из соотношения осмия и рения в углистых хондритах (тип каменных метеоритов), равного 12,7 по числу атомов, возраст Метагалактики исчисляется 18–20 млрд. лет. Это на 5–7 млрд. лет больше возраста, определенного ранее по соотношению атомов изотопов урана и тория. Для улучшения оценки требуется уточнить период полураспада рения-187.

«Chemical and Engineering News», 55, 14, 1977.



ОТВЕТЫ
НА ВОПРОСЫ
ЧИТАТЕЛЕЙ

ПОЛЕТЫ СОВЕТСКИХ АВТОМАТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Редакция продолжает публикацию сводных данных о космических экспериментах («Земля и Вселенная», № 6, 1976, с. 86—92; № 4, 1977,

с. 91—94; № 5, 1977, с. 85—91). Таблицу запусков советских автоматических станций подготовил старший научный сотрудник Института кос-

мических исследований АН СССР
В. Д. Перов.

№№ п/п	Наименование аппарата	Дата запуска (время московское)	Основные сведения о полете, задачи экспериментов	Примечание
1.	«Луна-1»	2.I.1959	Полеты к Луне Первый в истории космонавтики аппарат, направленный к иному небесному телу. Впервые достигнута вторая космическая скорость, необходимая для межпланетных полетов. Научное оборудование обеспечивало изучение метеорных частиц, космического излучения, газового компонента межпланетного вещества и корпускулярного излучения Солнца, измерение магнитного поля Земли и Луны. 4.I.1959 г. станция прошла на расстоянии 5000—6000 км от Луны и стала первой искусственной планетой.	Общая масса научного оборудования 361,3 кг.
2.	«Луна-2»	12.IX.1959	Впервые в истории космонавтики совершен перелет на другое небесное тело. 14.IX.1959 г. автоматическая станция достигла поверхности Луны западнее Моря Ясности: 30° с.ш., 0° долготы. В полете исследовались магнитное поле Земли и Луны, зона радиации вокруг Земли, космическое излучение, метеорные частицы.	Общая масса научного оборудования 390,2 кг.
3.	«Луна-3»	4.X.1959	Получены первые фотографии обратной стороны Луны, проведены исследования космического пространства. Съемка велась с расстояния 60—70 тыс. км. По результатам фотографирования составлены первые карты и атлас обратной стороны Луны.	Масса станции 278,5 кг.
4.	«Луна-4»	2.IV.1963	Отработка космической техники для исследования и освоения Луны. 6.IV.1963 г. станция прошла на расстоянии 8500 км от лунной поверхности.	Масса станции 1422 кг.
5.	«Луна-5»	9.V.1965	Отработка системы мягкой посадки на Луну. 12.V.1965 г. станция достигла поверхности Луны в районе Моря Облаков.	
6.	«Луна-6»	8.VI.1965	Испытание и отработка систем астроориентации, радиоуправления и автономного управления, радиоконтроля траектории полета.	
7.	«Луна-7»	4.X.1965	Отработка системы мягкой посадки на Луну. 8.X.1965 г. станция достигла поверхности Луны в районе Океана Бурь, западнее кратера Кеплер.	

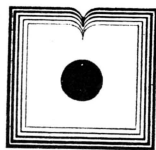
№№ п/п	Наименова- ние аппарата	Дата запуска (время мос- ковское)	Основные сведения о полете, задачи экспериментов	Примечание
8.	«Луна-8»	3.XII.1965	Комплексное испытание систем станции на всех этапах полета и прилунения. Станция достигла поверхности в точке с координатами: 9°8' с.ш., 63°18' з.д.	
9.	«Луна-9»	31.I.1966	Первый космический аппарат, совершивший мягкую посадку на небесное тело и передавший научную информацию с его поверхности. Прилунение произошло 3.II.1966 г. в районе Океана Бурь в точке с координатами: 7°8' с.ш., 64°22' з.д. Станция оборудована телевизионным устройством, с помощью которого произведен осмотр лунного ландшафта и осуществлена передача на Землю серии панорамных снимков района посадки.	Масса станции 1583 кг, контейнера после посадки — 100 кг.
10.	«Луна-10»	31.III.1966	Первый искусственный спутник Луны. Выведен на орбиту 3.IV.1966 г. Параметры орбиты: максимальное расстояние от поверхности около 1000 км, минимальное расстояние около 350 км, наклонение к лунному экватору 72°, период обращения около трех часов. На спутнике устанавливалась аппаратура для уточнения величины магнитного поля Луны, регистрации гамма- и рентгеновского излучений пород поверхности, заряженных частиц в окрестности Луны, метеорного вещества, суммарного теплового излучения Луны.	Масса станции 1600 кг, искусственного спутника Луны 245 кг.
11.	«Луна-11»	24.VIII.1966	Продолжение и развитие экспериментов, начатых станцией «Луна-10». Второй советский спутник Луны выведен на окололунную орбиту с параметрами: апоселений — 1200 км, периселений — 160 км, наклонение — 27°, период обращения около трех часов. Станция исследовала приэкваториальные районы Луны и окололунного пространства, проводила радиоастрономические наблюдения в недоступных с Земли диапазонах длинных и средних волн.	
12.	«Луна-12»	22.X.1966	Третий советский искусственный спутник Луны. Параметры орбиты: апоселений — 1740 км, периселений — 100 км, период обращения 3 ч 25 мин. Станция оборудована фототелевизионным устройством для получения фотографий различных районов лунной поверхности. Высота фотографирования от 100 до 340 км.	
13.	«Луна-13»	21.XII.1966	Мягкая посадка на Луну. Координаты места посадки: 18°52' с.ш., 62°3' з.д. На станции устанавливались: телевизионное устройство для передачи изображений поверхности планеты, штамп-грунтомер, динамограф и радиационный плотномер для получения характеристик физико-механических свойств грунта в месте посадки.	
14.	«Луна-14»	7.IV.1968	Проведено исследование Луны и космического пространства с окололунной орбиты.	
15.	«Луна-15»	13.VII.1969	Исследование Луны и космической среды, испытание новых элементов конструкции и бортовых систем. 17.VII.1969 г. выведена на орбиту искусственного спутника Луны, 21.VII.1969 г. переведена на траекторию спуска и достигла лунной поверхности.	
16.	«Луна-16»	12.IX.1970	Доставка на Землю образца лунной породы. Впервые в космонавтике грунт доставлен автоматическим устройством. Мягкая посадка на Луну произведена 20.IX.1970 г. в районе Моря Изобилия, в точке с координатами: 0°41' ю.ш., 56°18' в.д. Бурение проведено на глубину до 350 мм, масса образца около 100 г.	Масса при посадке на Луну 1880 кг.

№№ п/п	Наименова- ние аппарата	Дата запуска (время мос- ковское)	Основные сведения о полете, задачи экспериментов	Примечание
17.	«Луна-17»	10.XI.1970	Доставка на Луну первой в истории космонавтики передвижной научной лаборатории («Луноход-1»), управляемой с Земли. В научные задачи лаборатории входило изучение топографических и геолого-морфологических особенностей местности, определение химического состава, физико-механических свойств грунта, регистрация заряженных частиц и рентгеновского космического излучения, проведение лазерной локации, испытание конструкции и систем, методов управления аппаратом. Посадка на Луну совершена 17.XI.1970 г. в районе Моря Дождей. Координаты места посадки: 38°17' с.ш., 35° з.д. 4.X.1971 г. «Луноход-1» закончил программу исследований.	Масса «Лунохода-1» 756 кг.
18.	«Луна-18»	2.IX.1971	Исследование Луны и космического пространства, испытание конструкций и бортовых систем, отработка методов автономной окололунной навигации и обеспечения необходимой точности посадки на Луну. Станция достигла поверхности Луны в районе Моря Изобилия в точке с координатами места посадки: 3°34' с.ш., 56°30' в.д.	
19.	«Луна-19»	28.IX.1971	Исследование гравитационного поля Луны, проведение телевизионной съемки поверхности, изучение заряженных частиц и магнитных полей в окрестности Луны, плотности метеорного потока. Станция выведена на круговую орбиту искусственного спутника Луны с параметрами: высота над поверхностью — 140 км, наклонение — 40°35', период обращения — 2 ч 1 мин 45 с.	
20.	«Луна-20»	14.II.1972	Доставка на Землю образцов грунта из материкового района лунной поверхности. Координаты места посадки: 3°32' с.ш., 56°33' в.д. Бурение проведено на глубину около 300 мм; масса образца 50 г.	
21.	«Луна-21»	8.I.1973	Доставка на поверхность Луны самоходной научной лаборатории «Луноход-2». В программу экспериментов входило: изучение геолого-морфологических и топографических особенностей местности, химического состава и физико-механических свойств грунта, исследование оптических свойств поверхности и магнитного поля в зоне перехода морского района Луны в материковый, а также проведение астрофотометрических измерений, лазерной локации и пеленгации, изучение заряженных частиц. Посадка совершена на восточной окраине Моря Ясности в точке с координатами: 25°51' с.ш., 30°27' в.д.	
22.	«Луна-22»	29.V.1974	Проведение телевизионной съемки лунной поверхности, изучение заряженных частиц, магнитных полей, микрометеорного вещества в окололунном пространстве. Первоначально станция выведена на круговую селеноцентрическую орбиту с параметрами: высота над поверхностью — 220 км, наклонение — 19°35', период обращения — 2 ч. 10 мин.	
23.	«Луна-23»	28.X.1974	Запущена с целью доставки на Землю образца лунной породы, отработки новых элементов конструкции и оборудования автоматических лунных станций. Посадка произведена в южной части Моря Кризисов. Вследствие повреждения грунтозаборного устройства при посадке операции по забору грунта не проводились. Программа работы станции выполнена лишь частично.	

№№ п/п	Наименова- ние аппарата	Дата запуска (время мос- ковское)	Основные сведения о полете, задачи экспериментов	Примечание
24.	«Луна-24»	9.VIII.1976	Проведение глубинного бурения на поверхности Луны и доставка образцов грунта на Землю. Посадка произведена в юго-восточной части Моря Кризисов в точке с координатами: 12°45' с.ш., 62°12' в.д. Новое буровое устройство позволило провести бурение на глубину около двух метров. Масса доставленного образца 170 г.	
25.	«Зонд-1»	2.IV.1964	Полеты станций «Зонд» Отработка космической техники для длительных межпланетных полетов. Станция выведена в полет по гелиоцентрической траектории с орбиты искусственного спутника Земли. Проводились сеансы связи со станцией, проверялась работоспособность и функционирование бортовых систем, выполнялась коррекция траектории движения.	
26.	«Зонд-2»	30.XI.1964	Отработка конструкции и систем автоматических станций в условиях длительного космического полета, исследование межпланетной среды. Проводились испытания системы ориентировки с использованием в качестве управляющих органов электрореактивных плазменных двигателей.	
27.	«Зонд-3»	18.VII.1965	Проведение научных и научно-технических экспериментов в течение длительного полета по гелиоцентрической траектории. На станции устанавливалась аппаратура для изучения магнитных полей в околоземном и межпланетном пространстве, параметров солнечного ветра, радиоизлучения Галактики, микрометеоров, космических частиц, инфракрасных и ультрафиолетовых спектров лунной поверхности. Станция впервые сфотографировала районы обратной стороны Луны, не охваченные станцией «Луна-3».	
28.	«Зонд-4»	2.III.1968	Изучение дальних областей околоземного космического пространства, отработка новых агрегатов и бортовых систем станции. Вывод на траекторию полета произведен с орбиты искусственного спутника Земли.	
29.	«Зонд-5»	15.IX.1968	Отработка конструкции космических аппаратов, фотографирование Земли из космоса, изучение физических условий на трассе Земля – Луна – Земля и их влияния на живые организмы. Впервые в истории космонавтики решена задача возвращения и мягкой посадки на Землю после облета Луны аппарата, входящего в атмосферу со второй космической скоростью. Спуск в атмосфере осуществлялся по баллистической траектории.	
30.	«Зонд-6»	10.XI.1968	Проведение научных и научно-технических экспериментов на трассе полета Земля – Луна – Земля, фотографирование Луны и Земли из космоса. Движение в атмосфере при возвращении на Землю осуществлялось по траектории управляемого спуска с использованием подъемной силы возвращаемого аппарата. «Зонд-6» облетел Луну.	
31.	«Зонд-7»	8.VIII.1969	Изучение физических характеристик космического пространства на трассе полета к Луне и при возвращении на Землю, фотографирование Земли и Луны с различных расстояний, отработка системы управления с бортовой ЭВМ, высокоточной системы ориентации, средств радиационной защиты космических кораблей. Спуск в атмосфере проходил с использованием подъемной силы возвращаемого аппарата. «Зонд-7» совершил облет Луны.	

№№ п/п	Наименова- ние аппарата	Дата запуска (время мос- ковское)	Основные сведения о полете, задачи экспериментов	Примечание
32.	«Зонд-8»	20.X.1970	Облет Луны, проведение научных исследований на трас- се полета, фотографирование Земли и Луны с различных расстояний, отработка конструкции космических аппара- тов, станция вошла в атмосферу Земли со стороны север- ного полушария.	
33.	«Венера-1»	12.II.1961	Полеты к Венере Первый космический аппарат, выведенный на трассу меж- планетного перелета. Проверялись системы и оборудо- вание станции, проводилось исследование магнитных по- лей, межпланетного газа, космических лучей и солнечной плазмы, изучение заряженных частиц и микрометеорной материи. Впервые космический аппарат выведен на тра- екторию перелета с орбиты искусственного спутника Земли. Станция пролетела на расстоянии менее 100 тыс. км от планеты.	Масса станции 643,5 кг.
34.	«Венера-2»	12.XI.1965	Отработка конструкции межпланетных автоматических станций, исследование космической среды на трассе пе- релета, изучение планеты и ее окрестностей. 27.II.1966 г. станция прошла на расстоянии 24 тыс. км от планеты.	Масса станции 963 кг.
35.	«Венера-3»	16.XI.1965	Первый космический аппарат, совершивший межпланет- ный перелет, достиг поверхности Венеры 1.III.1966 г.	
36.	«Венера-4»	12.VI.1967	Исследования на трассе перелета Земля – Венера, в око- лопланетном пространстве и в плотных слоях атмосферы. Впервые в истории космонавтики спускаемый аппарат станции совершил плавный парашютный спуск в атмо- сфере Венеры, провел прямое измерение температуры и давления, определил химический состав атмосферы. Вход станции в плотные слои атмосферы произошел 18.X.1967 г.	Масса станции 1106 кг, масса спускаемого аппа- рата 383 кг.
37.	«Венера-5»	5.I.1969	Исследование Венеры, межпланетного и околопланетного пространства. 16.V.1969 г. спускаемый аппарат станции вошел в плотные слои атмосферы на ночной стороне пла- неты и провел прямое зондирование атмосферы на участ- ке спуска примерно до 20 км над поверхностью планеты.	
38.	«Венера-6»	10.I.1969	По назначению, конструкции, составу аппаратуры и схе- ме полета аналогична предыдущей станции. Спускаемый аппарат провел прямое зондирование атмосферы планеты 17.V.1969 г.	
39.	«Венера-7»	17.VIII.1970	Регистрация параметров атмосферы Венеры, включая ее припланетные слои, осуществление посадки на планету и проведение измерений непосредственно на поверхности. 15.XII.1970 г. впервые в истории космонавтики произведе- на мягкая посадка на планету. Информация со спускае- мого аппарата принималась на Земле в течение 23 мин после посадки.	Масса станции 1180 кг, масса спускаемого аппарата около 500 кг.
40.	«Венера-8»	27.III.1972	Изучение характеристик атмосферы планеты на дневной стороне, исследование свойств поверхностных слоев грун- та, изучение заряженных частиц и ультрафиолетового из- лучения на трассе перелета. Спускаемый аппарат вошел в атмосферу 22.VII.1972 г., совершил мягкую посадку на дневной стороне и передавал информацию в течение 50 мин.	

№№ п/п	Наименование аппарата	Дата запуска (время москов- ское)	Основные сведения о полете, задачи экспериментов	Примечание
41.	«Венера-9»	8.VI.1975	Продолжение исследований планеты и космической среды. 22.X.1975 г. впервые в истории космонавтики станция выведена на орбиту искусственного спутника Венеры, а спускаемый аппарат, совершив мягкую посадку, передал на Землю телевизионное изображение поверхности. Связь со спускаемым аппаратом, находящимся на планете, поддерживалась 53 мин. Параметры орбиты спутника: максимальное удаление от поверхности — 112 140 км, минимальное — 1545 км, наклонение к плоскости экватора планеты — $34^{\circ}10'$, период обращения — 48 ч 18 мин.	Масса станции 4936 кг, спускаемого аппарата 1560 кг.
42.	«Венера-10»	14.VI.1975	По научным задачам, конструкции, составу научной аппаратуры и полетной программе аналогична станции «Венера-9». 25.X.1975 г. «Венера-10» выведена на орбиту искусственного спутника Венеры с параметрами: максимальное удаление от поверхности — 113 880 км, минимальное — 1665 км, наклонение к плоскости экватора планеты $29^{\circ}30'$, период обращения 49 ч 23 мин. В тот же день спускаемый аппарат станции совершил мягкую посадку на поверхность. Передача телевизионного изображения, научных данных и служебной информации продолжалась 65 мин.	
43.	«Марс-1»	1.XI.1962	Полеты к Марсу Станция выведена в полет по гелиоцентрической орбите в сторону Марса. Связь с ней поддерживалась до расстояния около 106 млн. км — самое большое по тому времени расстояние при радиосвязи с космическим аппаратом. В полете проводились измерения параметров космической среды за пределами орбиты Земли. 19.VI.1963 г. станция пролетела вблизи планеты.	Масса 893,5 кг.
44.	«Марс-2»	19.V.1971	Исследование Марса, околопланетного и межпланетного пространства. 27.XI.1971 г. при подлете к планете от станции отделилась капсула, доставившая на поверхность Марса вымпел с изображением Государственного герба Советского Союза, а станция вышла на орбиту искусственного спутника Марса. Параметры орбиты: максимальное расстояние от поверхности планеты — 25 тыс. км, минимальное — 1380 км, наклонение к плоскости экватора — $48^{\circ}54'$, период обращения — 18 ч.	Масса 4560 кг.
45.	«Марс-3»	28.V.1971	По научным задачам, конструкции и схеме полета аналогична станции «Марс-2». При подлете к Марсу от нее был отделен спускаемый аппарат, 2.XII.1971 г. впервые в истории космонавтики осуществивший мягкую посадку на поверхность планеты в районе с координатами: 45° ю.ш., 158° з.д. После отделения спускаемого аппарата станция была переведена на орбиту искусственного спутника Марса. Комплексное изучение планеты и околопланетной среды одновременно двумя спутниками «Марс-2» и «Марс-3» продолжалось более восьми месяцев.	
46.	«Марс-4»	21.VII.1973	В задачи экспериментов входили исследование Марса с орбиты искусственного спутника, изучение космической среды. При подлете к планете произошли неполадки в одной из бортовых систем, вследствие чего станция не вышла на орбиту искусственного спутника Марса, а прошла на расстоянии 2200 км от поверхности планеты.	
47.	«Марс-5»	25.VII.1973	Задачи, аналогичные задачам станции «Марс-4». 12.II.1974 г. станция выведена на орбиту искусственного спутника Марса. Параметры орбиты: максимальное расстояние от поверхности — 32500 км, минимальное — 1760 км, наклонение — 35° , период обращения — 25 ч.	



КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

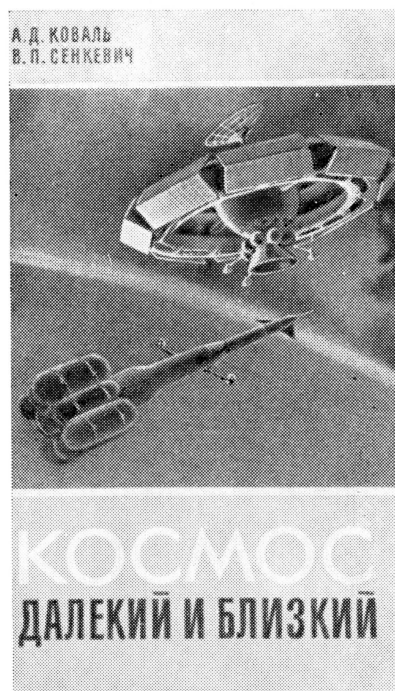
Космос далекий и близкий

В 1977 году Лениздат выпустил книгу «Космос далекий и близкий». Авторы ее — кандидаты технических наук А. Д. Коваль и В. П. Сенкевич — известны читателям по книгам «Покорение космоса» (1969), «Космос человеку» (1971). Новая книга о космосе, вышедшая к 20-летию космической эры, — своеобразная летопись космических свершений человека на пути преодоления пространственной ограниченности нашей планеты, на пути всестороннего расширения знаний о Вселенной. Авторы подробно описали основные события и рассказали о людях, связанных с зарождением, становлением и развитием космонавтики. Авторы сумели передать дух той незабываемой и неповторимой обстановки, в которой рождались достижения советских людей в деле покорения космоса.

Основное внимание в книге уделено некоторым вопросам освоения, заселения и преобразования космоса.

В ней достаточно полно отражен тезис: «Космонавтика — это новая область человеческой деятельности, направленная на преодоление пространственной и энергетической ограниченности нашей планеты».

В книге — семь глав. Первые три («У истоков космонавтики», «Гигантские ступени восхождения», «О тех, кто мечтал и строил») рассказывают о предыстории и первых шагах ракетостроения, о штурме космоса, который начался 4 октября 1957 года запуском первого советского спутника, и разнообразных космических программах, об основоположниках и создателях ракетно-космической техники. Последующие главы («Удивительные картины», «Фрагмент жизни Вселенной», «Горы хлеба и бездна могущества», «Нельзя вечно жить в колыбели») посвящены описанию космоса, небесных тел, возможных методов и средств постепенного освоения космоса, влияния космоса на



Окончание

№№ п/п	Наименование аппарата	Дата запуска (время московское)	Основные сведения о полете, задачи экспериментов *	Примечание
48.	«Марс-6»	5.VIII.1973	Изучение атмосферы в процессе спуска, характеристик района посадки. 12.III.1974 г. спускаемый аппарат вошел в плотные слои атмосферы. Во время спуска на поверхность впервые проводились прямые измерения параметров атмосферы планеты.	
49.	«Марс-7»	9.VIII.1973	Задачи, аналогичные задачам станции «Марс-6». При полете к Марсу от станции был отделен спускаемый аппарат, который вследствие неполадок в одной из бортовых систем не вышел на траекторию встречи с планетой, а прошел около нее на расстоянии 1300 км.	

1 ЯНВАРЬ
ФЕВРАЛЬ
1978

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Орган Секции физико-технических и математических наук, Секции наук о Земле Президиума Академии наук СССР и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

земную жизнь, проблем космической биологии, народнохозяйственного использования космонавтики. Последняя глава «Нельзя вечно жить в колыбели» — эпилог книги. В ее разделах «Космические полеты», «Завтрашний день», «Вперед и только вперед!» содержатся прогнозы авторов на освоение Солнечной системы и развитие космической техники будущего. Авторы вполне резонно считают, что увеличение рабочих ресурсов, аппаратуры, многообразие использования космических аппаратов, внедрение ядерной энергетики — это коренные отличительные особенности техники ближайших лет. В заключение кратко излагаются взгляды основоположника космонавтики К. Э. Циолковского на проблемы космического будущего человечества, его «Космическая философия». Делается вывод о том, что развитие нашей цивилизации может привести к превращению ее в цивилизацию космическую.

Примечательно, что авторы посвящают свою книгу детям, то есть поколению, которое, возможно, начнет обживать космос, расселяться на просторах нашей Солнечной системы, как об этом мечтал К. Э. Циолковский.

«Космос далекий и близкий» — не только рассказ о ближайшем к Земле и более отдаленном космическом пространстве, но и о том, как далекий космос становится людям все ближе и ближе, все теснее входит в повседневную жизнь. Обилие фактического материала, яркое изложение, убежденность авторов в прогрессивном значении космонавтики делают книгу интересной, полезной и доступ-

ной широкому кругу читателей — от научных работников до студентов и школьников.

Книга хорошо и со вкусом оформлена. Ряд иллюстраций выполнен известными художниками, разрабатывающими космическую тему, — летчиком-космонавтом СССР А. А. Леоновым и А. К. Соколовым.

Издание книги А. Д. Коваля и В. П. Сенкевича «Космос далекий и близкий» — значительный вклад в научную популяризацию достижений космонавтики.

**Лауреат Ленинской премии
профессор Г. С. НАРИМАНОВ**

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физико-математических наук Д. Я. МАРТЫНОВ. Ответственный секретарь кандидат педагогических наук Е. П. ЛЕВИТАН. Член-корреспондент АН СССР Г. А. АВСЮК, доктор географических наук А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, член-корреспондент АН СССР Ю. Д. БУЛАНЖЕ, доктор технических наук А. А. ИЗOTOV, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, доктор географических наук В. Г. КОРТ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, доктор физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор физ.-мат. наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ.

Адрес редакции: 117049 Москва В-49, Мароковский пер., д. 26.
Телефоны: 237-59-93; 237-02-67

Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

Корректоры: С. М. Веритэ,
Т. Н. Морозова

Номер оформили: А. Г. Калашникова,
В. И. Кноп, В. З. Перельштейн,
Е. К. Тенчурина, Н. Н. Фрумсон.

Т-18680. Подписано в печать 23/XII 1977 г.
Сдано в набор 28/IX 1977 г.
Формат бумаги 84×108¹/₁₆.
Бум. л. 3,0. Печ. л. 6,0 (10,08)
Уч.-изд. л. 10,9. Цена 50 коп.
Тираж 53 000 экз. Заказ 2879.

2-я типография изд-ва «Наука»
121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

На орбите «Салют-6»

10 декабря 1977 года в 4 часа 19 минут московского времени в Советском Союзе осуществлен запуск космического корабля «Союз-26», пилотируемого экипажем в составе командира корабля подполковника Романенко Юрия Викторовича и бортинженера Героя Советского Союза летчика-космонавта СССР Гречко Георгия Михайловича.

Ю. В. Романенко родился в 1944 году в поселке Колтубановский Бузулукского района Оренбургской области. В 1966 году с отличием окончил Черниговское высшее военное авиационное училище летчиков, служил летчиком-инструктором в Военно-Воздушных Силах. В отряд космонавтов Ю. В. Романенко зачислен в 1970 году. Прошел полный курс подготовки к полету по программе пилотируемого корабля «Союз» и орбитальной станции «Салют». Кроме того, готовился к совместному космическому полету кораблей «Союз» — «Аполлон» в качестве командира корабля.

Г. М. Гречко родился в 1931 году в Ленинграде. В 1955 году с отличием окончил Ленинградский механический институт и стал сотрудником конструкторского бюро. Участвовал в разработке и испытаниях новых образцов космической техники. Г. М. Гречко — кандидат технических наук. В отряд космонавтов был зачислен в 1966 году, а свой первый космический полет совершил в 1975 году в качестве бортинженера транспортного корабля «Союз-17» и пилотируемой орбитальной станции «Салют-4».

Программа полета предусматривала проведение совместных экспериментов с научной станцией «Салют-6».

11 декабря 1977 года в точном соответствии с программой полета в 6 часов 02 минуты московского времени осуществлена стыковка космического корабля «Союз-26» со станцией «Салют-6». После перехода космонавтов в помещение станции на околоземной орбите стала функционировать пилотируемая науч-

ная станция «Салют-6». Эта станция оснащена двумя стыковочными узлами. Первый стыковочный узел установлен на переходном отсеке станции, второй — с противоположной стороны на агрегатном отсеке. Два стыковочных узла дают возможность проводить операции по обслуживанию пилотируемых станций двумя космическими кораблями. В отличие от корабля «Союз-25», который сближался со станцией со стороны переходного отсека, стыковка корабля «Союз-26» проводилась ко второму стыковочному узлу станции.

В программу работы экипажа входят исследования физических процессов и явлений в космическом пространстве, исследования земной поверхности и ее атмосферы с целью получения данных в интересах народного хозяйства, проведение технологических экспериментов, медико-биологические исследования, технические эксперименты и испытания бортовых систем и аппаратуры станции, проведение профилактического осмотра, контрольной проверки и испытаний стыковочного узла, установленного на переходном отсеке.

Экипаж приступил к выполнению программы полета на борту научного комплекса «Салют-6» — «Союз-26». О работе космонавтов Ю. В. Романенко и Г. М. Гречко на борту орбитальной станции «Салют-6» читайте в следующих номерах нашего журнала.

(По материалам сообщений ТАСС)



ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“



ЦЕНА 50 КОП
ИНДЕКС 70336



ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“



ЦЕНА 50 КОП
ИНДЕКС 70336

1978 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА
ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА